

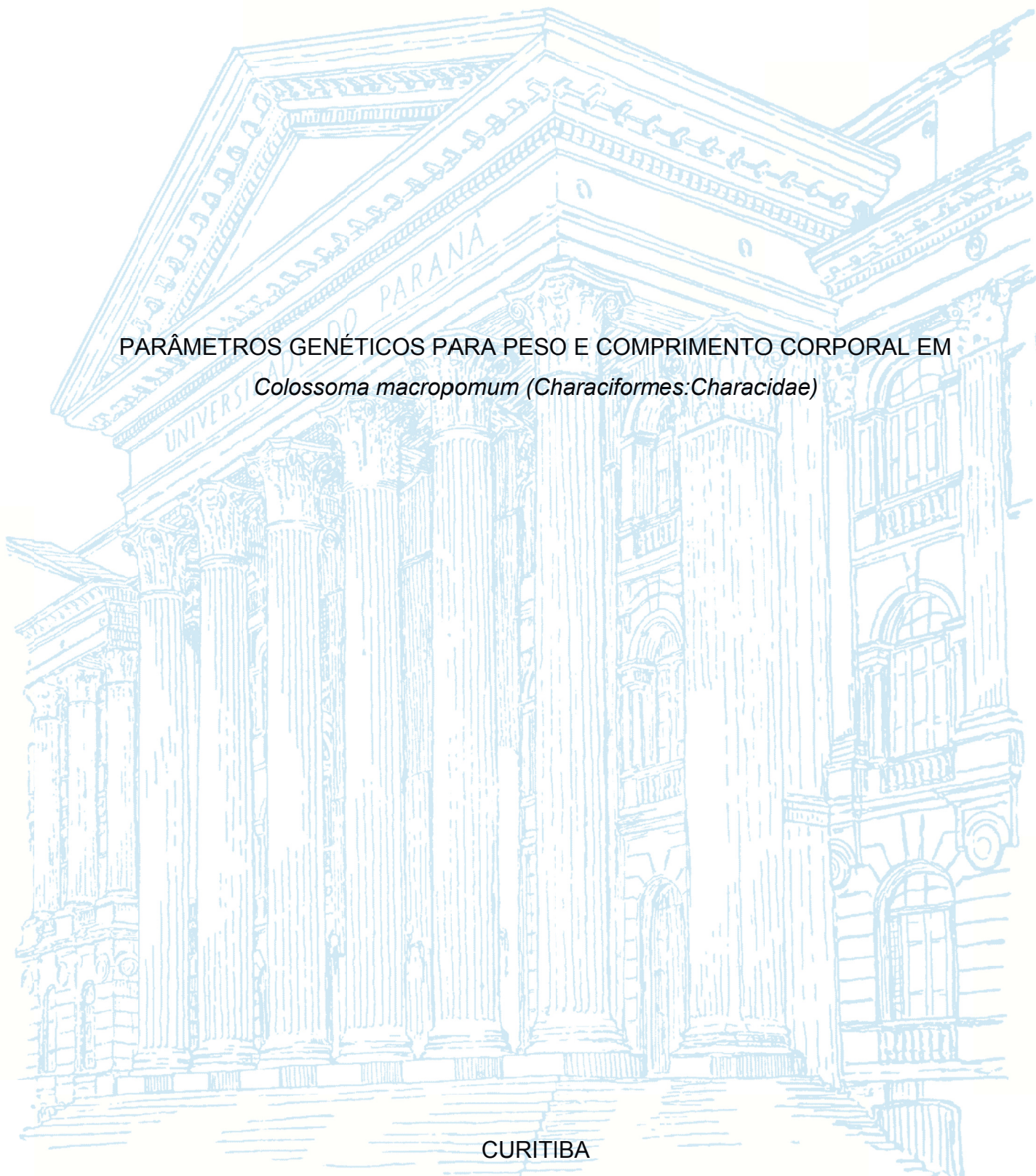
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GISELE FERREIRA DA SILVA

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA PESO E COMPRIMENTO CORPORAL EM
Colossoma macropomum (Characiformes:Characidae)

CURITIBA

2019



GISELE FERREIRA DA SILVA

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA PESO E COMPRIMENTO CORPORAL EM
Colossoma macropomum (Characiformes:Characidae)

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Melhoramento Genético Animal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Teixeira
Coorientadora: Dra. Luciana Shiotsuki

CURITIBA

2019

S586p Silva, Gisele Ferreira da
Parâmetros genéticos para peso e comprimento corporal em
Colossoma macropomum (Characiformes: Characidae) / Gisele
Ferreira da Silva. - Curitiba, 2019.
67 p.: il.,

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
Orientador: Rodrigo De Almeida Teixeira
Coorientadora: Luciana Shiotsuki

1. Animais - melhoramento genético. 2. Piscicultura. 3. Peixe -
genética. 4. Tambaqui (Peixe). I. Teixeira, Rodrigo De Almeida
(Orientador). II. Shiotsuki, Luciana (Coorientadora). III. Título. IV.
Universidade Federal do Paraná.

CDU 639.3




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

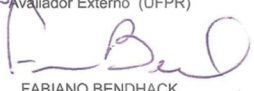
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **GISELE FERREIRA DA SILVA** intitulada: **Parâmetros genéticos para peso e comprimento corporal em *Colossoma macropomum* (Characiformes: Characidae)**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 13 de Fevereiro de 2019.


RODRIGO DE ALMEIDA TEIXEIRA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


GIORGI DAL PONT
Avaliador Externo (UFPR)


FABIANO BENDHACK
Avaliador Externo (CEM-UFPR)

Dedico este trabalho a DEUS e a minha família, meu bem maior.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** e a minha mãezinha **Nossa Senhora do Perpétuo Socorro**, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, renovando sempre a minha fé.

Aos meus pais **Carmelina (Rosa)** e **Pery**, por todo o amor que me deram, além da educação, dos ensinamentos e do apoio em todos os momentos. A vocês devo tudo!

A minha irmã **Suellen** e meu cunhado **Márcio**, que mesmo de longe, me apoiaram e indiretamente contribuíram para que esse trabalho se realizasse. A minha afilhada **Alice**, pelo sorriso contagiante que sempre me animava nos momentos de dificuldade, pela cantoria e falação me fazendo sorrir sempre que desanimava.

Ao meu companheiro **Alan** que chegou na reta final deste caminho, porém foi de extrema importância, me ajudando, acalmando e aguentando todos os meus momentos de estresse e angústia.

Ao Professor Dr. **Rodrigo de Almeida Teixeira**, pela orientação, por toda sua atenção, dedicação e esforço ao longo destes dois anos, para que eu pudesse ter confiança na realização deste trabalho. Nunca esquecerei o que fez por mim durante todo meu trajeto acadêmico na Universidade Federal do Paraná.

Ao Comitê de orientação deste trabalho, Profa. Dra. **Laila Talarico Dias** e Prof. Dr. **Antonio Ostrensky**, pelos ensinamentos, orientações, apoio e conselhos. Meu carinho todo especial para essas pessoas, que muitos julgam sem conhecer, mas que possuem um coração imenso e generoso.

A todos os atuais e ex-membros do **Laboratório de Genética Aplicada ao Melhoramento Animal (GAMA)**, minha segunda família, pelas reuniões, risadas,

aprendizados e amizades conquistadas. Principalmente a **Lorena, Bárbara, Amauri, Bruno, Francisco, Fernanda, Cláudia** e **Rodrigo**, vocês sempre farão parte da minha vida, estaremos sempre “xuntos”.

A coorientadora desta dissertação, Dra. **Luciana Shiotsuki**, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, que mesmo de longe, me apoiou e a **EMBRAPA** pela concessão dos dados para que essa pesquisa acontecesse.

A banca examinadora Dr. **Giorgi Dal Pont** e Prof. Dr. **Fabiano Bendhack**, pelas correções, sugestões e contribuições no momento da defesa, para a conclusão desta dissertação.

A **Universidade Federal do Paraná** e ao **Programa de Pós-Graduação em Zootecnia** por terem me dado à oportunidade de realizar este mestrado, bem como todos os seus **funcionários** que me auxiliaram de alguma forma.

A **CAPES** pela bolsa concedida.

Meu muito obrigada!

“A melhor maneira de observar um peixe é virar um deles.”

(Jacques-Yves Cousteau)

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a DEUS, não sou o que era antes.”

(Marthin Luther King)

“Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena acreditar no sonho que se tem, ou que os seus planos nunca vão dar certo, ou que você nunca vai ser alguém.”

(Renato Russo)

RESUMO

O Tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a segunda espécie mais produzida no Brasil e, apesar deste aumento na produção, a escassez de informações relacionadas a programas de registro e avaliação zootécnica em plantéis comerciais impede o desenvolvimento de programas de melhoramento genético. O objetivo geral desta dissertação de mestrado foi estimar os parâmetros genéticos para características de crescimento e avaliar o impacto na seleção de *C. macropomum* (*Characiformes:Characidae*). O Capítulo 1 apresentou a revisão bibliográfica sobre a piscicultura nacional, além de trabalhos já realizados com informações de crescimento de diferentes espécies de peixes na estimação de parâmetros genéticos. No capítulo 2, intitulado “Estimativa de parâmetros genéticos para ganho de peso e comprimento em *Colossoma macropomum* (*Characiformes:Characidae*)”, o objetivo foi estimar os coeficientes de herdabilidade e correlação genética do ganho de peso e comprimento, além de medidas de pesos e comprimentos em diferentes idades em *C. macropomum*. Para tanto, foram utilizados dados biométricos de peso e comprimento corporal de 120 animais da EMBRAPA Pesca e Aquicultura, totalizando 1.440 informações, o modelo da análise contemplou os efeitos fixos de sexo e tanque. As herdabilidades foram de $0,01 \pm 0,01$ para ganho de peso e de $0,27 \pm 0,19$ para ganho de comprimento, a correlação genética entre os ganhos foi de $0,84 \pm 0,65$; para os pesos aos 3, 3,5 e 4 anos de idade as herdabilidades foram de $0,50 \pm 0,04$, $0,37 \pm 0,03$ e $0,17 \pm 0,02$, respectivamente e, as herdabilidades obtidas para os comprimentos aos 3, 3,5 e 4 anos de idade foram de $0,26 \pm 0,23$, $0,30 \pm 0,27$ e $0,31 \pm 0,26$, respectivamente. Concluiu-se que, devido às estimativas de herdabilidade baixas para ganho de peso e peso aos 4 anos de idade, pode não haver a possibilidade de progresso genético. Porém, a seleção para aumentar o ganho de comprimento poderá levar ao aumento no ganho de peso. As características ganho de comprimento, peso aos 3 e 3,5 anos e comprimento aos 3, 3,5 e 4 anos podem ser utilizadas como critérios de seleção, permitindo prever a resposta à seleção. O Capítulo 3, “Ganho genético para peso corporal em população simulada de *Colossoma macropomum* (*Characiformes:Characidae*)”, teve como objetivo comparar o ganho genético para peso corporal em população simulada de *Colossoma macropomum* no decorrer de cinco gerações de seleção. A simulação dos dados foi realizada através do programa QMSim, com base nas herdabilidades para peso corporal aos 24 meses de idade (cenário I: $h^2 = 0,85$ e cenário II: $h^2 = 0,14$). No cenário I houve maior ganho genético, atingindo 16% de ganho da geração zero à geração cinco versus 3% do cenário II. Foi possível antecipar que ao realizar a escolha de reprodutores com base no fenótipo existe um risco muito alto de obter-se ganho genético praticamente nulo mesmo após 15 anos de seleção se a herdabilidade da característica de interesse for baixa.

Palavras-chave: correlação genética, crescimento, herdabilidade, simulação de dados, Tambaqui.

ABSTRACT

The Tambaqui (*Colossoma macropomum*) is the second most produced species in Brazil and, despite this intensification in production, the scarcity of information related to programs of registration and zootechnical evaluation in commercial plants prevents the development of breeding programs. The general objective of this master's thesis was to estimate the genetic parameters for growth traits and to evaluate the impact on the selection of *C. macropomum* (*Characiformes: Characidae*). Chapter 1 presented a review on the national fish culture, in addition to works already done with information on the growth of different fish species in the estimation of genetic parameters. In chapter 2, entitled "Estimation of genetic parameters for weight gain and length in *Colossoma macropomum* (*Characiformes: Characidae*)", the goal was to estimate the heritability and genetic correlation coefficients of weight and length gain, as well as measures of weights and lengths at different ages in *C. macropomum*. Therefore, biometrics weight and body length were used 120 animals from Embrapa Fisheries and Aquaculture, totaling 1,440 information, the model of analysis included the fixed effects of sex and tank. The heritabilities were 0.01 ± 0.01 for weight gain and 0.27 ± 0.19 for length gain, the genetic correlation between gains was 0.84 ± 0.65 ; for weights at 3, 3.5 and 4 years old heritabilities were 0.50 ± 0.04 , 0.37 ± 0.03 and 0.17 ± 0.02 respectively, and those obtained for the heritability lengths at 3, 3.5 and 4 years old were 0.26 ± 0.23 , 0.30 ± 0.27 and 0.31 ± 0.26 , respectively. It was concluded that due to the low heritability estimates for weight gain and weight gain at 4 years old, there may be no possibility of genetic progress, however selection to increase the length gain may lead to an increase in weight gain. The characteristics gain length, weight at 3 and 3.5 years and length at 3, 3.5 and 4 years can be used as selection criteria, allowing predicting the response to selection. Chapter 3, "Genetic gain for body weight in simulated population of *Colossoma macropomum* (*Characiformes:Characidae*)", aimed to compare the genetic gain for body weight in the simulated population of *Colossoma macropomum* during five generations of selection. The simulation of the data was performed through the QMSim program, based on heritabilities for body weight at 24 months of age (scenario I: $h^2 = 0.85$ and scenario II: $h^2 = 0.14$). In scenario I there was greater genetic gain, reaching 16% of generation zero gain to generation five versus 3% of scenario II. It was possible to anticipate that when choosing breeders based on the phenotype there is a very high risk of almost zero genetic gain even after 15 years of selection if the heritability of the characteristic of interest is low.

Keywords: data simulation, genetic correlation, growth, heritability, selection, Tambaqui.

LISTA DE FIGURAS

APRESENTAÇÃO GERAL

FIGURA 1 – Principais estados brasileiros produtores de peixes no ano de 2017 ...	16
FIGURA 2 – Principais espécies de peixes produzidas no Brasil nos anos de 2016 e 2017, em toneladas.....	17
FIGURA 3 – Exemplar de Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	18
FIGURA 4 – Exemplar de Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).....	19
FIGURA 5 – Exemplar do híbrido “Tambacu”, formado a partir de uma fêmea de Tambaqui e um macho de Pacu	22
FIGURA 6 – Exemplar do híbrido “Tambatinga”, formado a partir de uma fêmea de Tambaqui e um macho de Pirapitinga.....	22

CAPÍTULO I - Estimativa de parâmetros genéticos para ganho de peso e comprimento em *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae)

FIGURA 1 – Representação do comprimento total em Tambaqui	37
---	----

CAPÍTULO II - Ganho genético para peso corporal em população simulada de *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae)

FIGURA 1 – Tendência genética da população no decorrer das gerações simuladas nos cenários com alta e baixa herdabilidade para a característica peso corporal	52
FIGURA 2 – Variância genéticas da população no decorrer das gerações simuladas no cenário com alta herdabilidade para a característica peso corporal.	54
FIGURA 3 – Variâncias genéticas da população no decorrer das gerações simuladas no cenário com baixa herdabilidade para a característica peso corporal.	54

LISTA DE TABELAS

APRESENTAÇÃO GERAL

TABELA 1 – Herdabilidades (h^2) e correlações genéticas (r_g) entre peso (PC) e comprimento corporal (CC) de espécies de peixes, número de indivíduos (N), em idades distintas e de acordo com diferentes autores	24
---	----

CAPÍTULO I - Estimativa de parâmetros genéticos para ganho de peso e comprimento em *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae)

TABELA 1 – Médias, desvios padrão (DP) e números de animais (N) para características relacionadas ao peso corporal em <i>Colossoma macropomum</i>	38
TABELA 2 – Médias, desvios padrão (DP) e números de animais (N) para características relacionadas ao comprimento corporal em <i>Colossoma macropomum</i>	39
TABELA 3 – Parâmetros genéticos para ganho de peso e comprimento obtidos no período de um ano em <i>Colossoma macropomum</i>	39
TABELA 4 – Parâmetros genéticos para diferentes medidas de peso corporal em <i>Colossoma macropomum</i>	40
TABELA 5 – Parâmetros genéticos para diferentes medidas de comprimento corporal em <i>Colossoma macropomum</i>	41

CAPÍTULO II - Ganho genético para peso corporal em população simulada de *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae)

TABELA 1 – Parâmetros considerados para a simulação dos dados da população considerando cenários em que o peso corporal apresenta alta ou baixa herdabilidade.....	49
TABELA 2 – Parâmetros reprodutivos relatados na literatura para peixes da família <i>Characidae</i> e que foram utilizados para simulação da população	50
TABELA 3 – Médias fenotípicas e desvios padrão (DP) ao longo de cinco gerações nos dois cenários de simulação para peso corporal (kg)	51

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CC	- Comprimento Corporal
CC3	- Comprimento Corporal aos 3 anos de idade
CC3,5	- Comprimento Corporal aos 3 anos e meio de idade
CC4	- Comprimento Corporal aos 4 anos de idade
EBV	- Valor Genético
FAO	- Food and Agriculture Organization of the United Nations
GC	- Ganho de Comprimento
GIFT	- Genetic Improvement of Farmed Tilapias
GLM	- General Linear Model
GP	- Ganho de Peso
h^2	- Herdabilidade
I	- Intensidade de Seleção
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG	- Intervalo entre Gerações
PC	- Peso Corporal
PC3	- Peso Corporal aos 3 anos de idade
PC3,5	- Peso Corporal aos 3 anos e meio de idade
PC4	- Peso Corporal aos 4 anos de idade
PPM	- Pesquisa da Pecuária Municipal
r_g	- Correlação Genética
SAS	- Statistical Analysis System
UEM	- Universidade Estadual de Maringá
ΔG_a	- Ganho Genético Anual
σ_p	- Desvio Padrão Fenotípico
σ_p^2	- Variância Fenotípica

SUMÁRIO

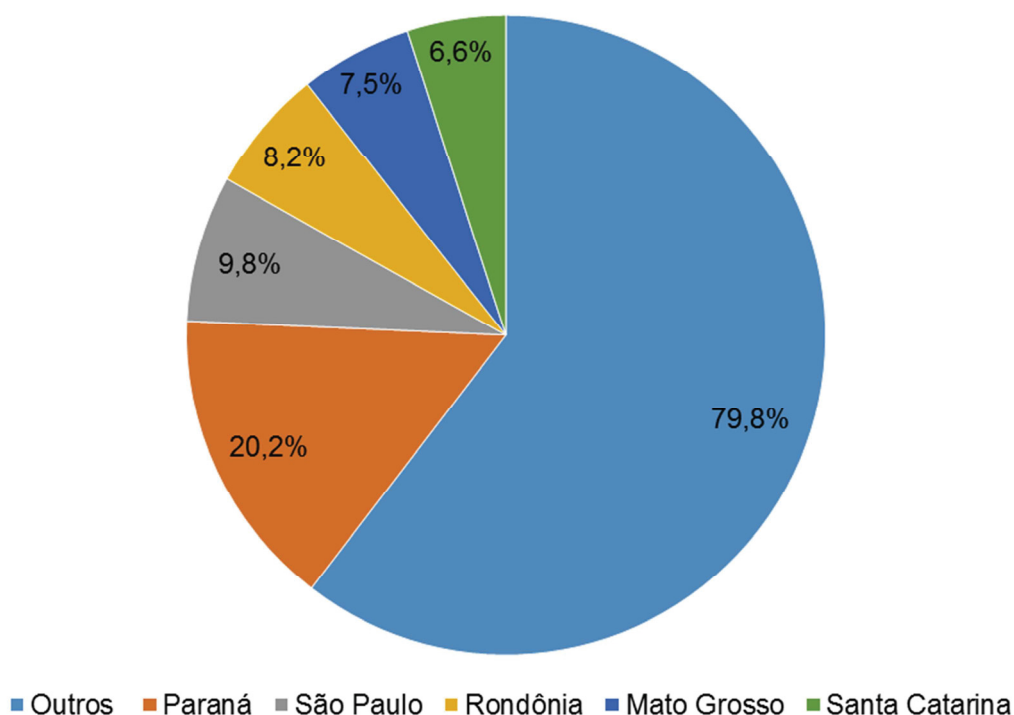
APRESENTAÇÃO GERAL.....	16
Objetivo Geral	26
Objetivos Específicos	26
Referências Bibliográficas.....	26
 CAPÍTULO I – Estimativa de parâmetros genéticos para ganho de peso e comprimento em <i>Colossoma macropomum</i> (Characiformes:Characidae).....	34
1.1. Introdução.....	35
1.2. Material e Métodos	36
1.3. Resultados e Discussão	38
1.4. Conclusões.....	42
1.5. Referências Bibliográficas	42
 CAPÍTULO II – Ganho genético para peso corporal em população simulada de <i>Colossoma macropomum</i> (Characiformes: Characidae).....	46
2.1. Introdução.....	46
2.2. Material e Métodos	48
2.3. Resultados e Discussão	50
2.4. Conclusões.....	55
2.5. Referências Bibliográficas	55
 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
4. REFERÊNCIAS.....	60

APRESENTAÇÃO GERAL

Principais espécies e regiões de cultivo no Brasil

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO), aponta que a aquicultura é o setor da produção de alimentos que mais cresce no mundo, correspondendo a quase 50% dos peixes consumidos, os demais são provenientes da pesca (FAO, 2018). A aquicultura brasileira tem acompanhado o crescimento mundial e atingiu no ano de 2017, um valor de produção de R\$ 4,04 bilhões (cerca de 550 toneladas), com 88% oriunda da piscicultura (Carvalho Filho, 2018). Segundo a Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o estado do Paraná, na região Sul do Brasil, apresenta a maior produção de peixes, sendo, quase que exclusivamente o cultivo de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), seguido por São Paulo, Rondônia, Mato Grosso e Santa Catarina (IBGE, 2017) (Figura 1).

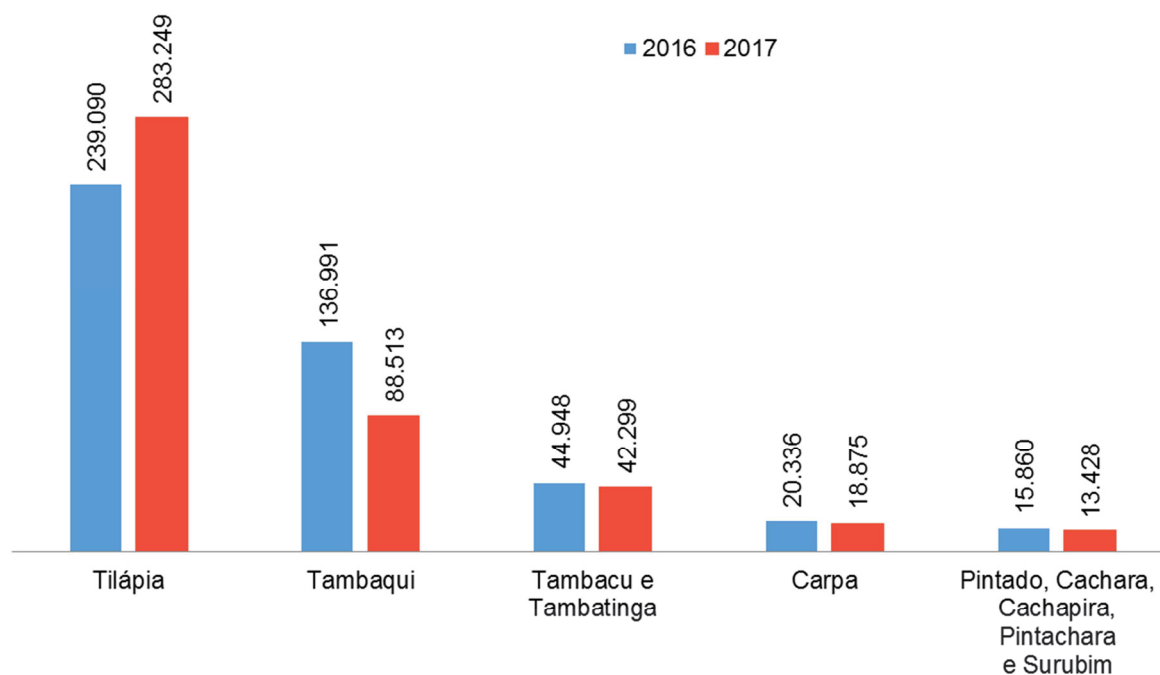
FIGURA 1 – PRINCIPAIS ESTADOS BRASILEIROS PRODUTORES DE PEIXES NO ANO DE 2017



FONTE: Adaptado de IBGE (2017).

Em relação às espécies mais produzidas (Figura 2), a Tilápia do Nilo se encontra na primeira posição, com uma produção de 283.249 mil toneladas em 2017, o que equivale a 58,4% do total. A Tilápia do Nilo (Figura 3) é uma espécie exótica originária das regiões tropicais e subtropicais da África, apresenta um intervalo entre gerações relativamente curto, de aproximadamente seis meses, sendo resistente a doenças, ao superpovoamento e a baixos níveis de oxigênio (Eknath et al., 1998; Charo-Karisa et al., 2005). Além disso, aceitam uma diversidade ampla de alimentos e demonstram um retorno positivo à fertilização dos viveiros. Com relação às características da carne, apresenta um excelente rendimento de filé, sendo o principal produto comercializado, com carne saborosa, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares em forma de “Y” (mioceptos) (Santos, 2006).

FIGURA 2 – PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PEIXES PRODUZIDAS NO BRASIL NOS ANOS DE 2016 E 2017, EM TONELADAS



FONTE: Adaptado de IBGE (2016; 2017).

No Brasil, a linhagem GIFT (Genetic Improvement of Farmed Tilapias) da Tilápia do Nilo foi importada pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) em acordo com a *WorldFish Center*, empresa da Malásia, em 2005. O Brasil foi o primeiro país da América Latina a adquirir Tilápias provenientes de programas de melhoramento genético (Massago, 2007; Lupchinski Júnior et al., 2008; Santos,

2009; Ponzoni et al., 2010). O objetivo principal de seleção deste programa foi aumentar a taxa de crescimento, obtida a partir da medida do ganho médio de peso diário. Porém, as medidas corporais (largura, largura caudal, altura, altura caudal, comprimento de cabeça, padrão e total) e a mortalidade à idade comercial também foram coletadas para melhor estruturar o banco de dados do programa da UEM (Oliveira et al., 2010; Resende et al., 2010; Oliveira et al., 2012).

FIGURA 3 – EXEMPLAR DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)



FONTE: <http://www.coperama.com.br/>.

A produção de peixes nativos vem se intensificando consideravelmente no cenário da piscicultura nacional (Boscolo et al., 2011), sendo o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) a principal espécie nativa cultivada no país. Sua despesca chegou a 88.513 mil toneladas em 2017, correspondendo a 18,2% da produção total de peixes, conforme apresentando na Figura 2, sua produção, em ambiente de cultivo, predomina nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, sendo o estado de Rondônia o principal produtor, com cerca de 30 toneladas produzidas em 2017 (IBGE, 2017).

O Tambaqui (Figura 4) é uma espécie tropical nativa das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, na Venezuela, chamado de “peixe redondo”, devido ao formato do seu corpo, pertence à classe *Osteichthyes*, ordem *Characiformes* e família *Characidae*. Considerado o segundo maior peixe escamado do Brasil (Goulding & Carvalho, 1982; Santos et al., 2007), atrás apenas do pirarucu (*Arapaima gigas*).

FIGURA 4 – EXEMPLAR DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)



FONTE: PeixeBR (2018).

De hábito alimentar onívoro com comportamento frugívoro, apresenta boa conversão alimentar, rápido crescimento, fácil aceitação de alimento artificial, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido e a elevadas temperaturas da água (Chagas & Val, 2003; Mendonça et al., 2009; Paula, 2009). Porém, apresenta intervalo entre gerações considerado elevado, de aproximadamente três anos de idade (Gomes et al., 2013).

Considerada uma espécie rústica, apresenta um bom desenvolvimento zootécnico e fácil reprodução em diferentes ambientes de cultivo, podendo atingir 1 metro de comprimento e até 30 kg de peso corporal em ambiente natural (Goulding & Carvalho, 1982; Dairiki & Silva, 2011). Sua carne é de alto valor comercial e vendido como peixe inteiro ou em costelinhas, porém apresenta os espinhos intramusculares em forma de “Y” (mioceptos).

A Tilápia do Nilo e o Tambaqui representam mais de 70% da produção da piscicultura continental brasileira (IBGE, 2017). Os híbridos de Tambaqui, Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) ocuparam a terceira posição. Os surubins (espécies puras de Cachara, Pintado, e seus diferentes híbridos, todos pertencentes ao gênero *Pseudoplatystoma*) ocuparam a quinta posição. A quarta posição foi ocupada pela Carpa (*Cyprinus carpio*), espécie exótica (Figura 2).

Apesar deste aumento na produção do Tambaqui, a escassez de informações relacionadas a programas de registro e avaliação zootécnica em plantéis comerciais impede a elaboração e progresso de programas de melhoramento genético (Resende et al., 2010). Como resultado, não há um banco de informações que

possibilite definir quais são as diferenças entre os distintos locais de cultivo, permitindo assim, a identificação do desempenho produtivo dos plantéis ou se existe diferenças significativas das características de interesse comercial (Varela et al., 2015).

Melhoramento Genético Animal

Na produção animal, como na bovinocultura, avicultura e suinocultura, o uso do melhoramento genético como meio de aumentar a produção se estabeleceu a partir da década de 1930 (Gjedrem & Thodesen, 2005). Enquanto que na piscicultura, os programas de melhoramento surgiram apenas no final da década de 1960 e início da década de 1970, com as espécies Salmão e Truta, nos Estados Unidos e Noruega (Gjedrem & Thodesen, 2005; Hilsdorf et al., 2015), e até então, sua utilização pelo setor produtivo mundial é considerado baixo, representando, aproximadamente, 10% da produção total (Gjedrem, 2012).

Os programas de melhoramento existentes para peixes (Salmão, Carpa, Tilápia, entre outros), tanto no Brasil quanto em outros países, visam principalmente o crescimento (Eknath et al., 1998; Gupta & Acosta, 2004; Bakos et al., 2006; Thodesen & Gjedrem, 2006; Oliveira et al., 2010; Resende et al., 2010; Gjedrem, 2012; Oliveira et al., 2012), que pode ser avaliado em termos de ganho de peso e comprimento, taxa de crescimento ou medidas corporais, como o peso e o comprimento corporal, entre outras.

Em relação ao melhoramento genético do Tambaqui, instituições públicas e privadas estabeleceram em 2008 o projeto “Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil – AQUABRASIL”, com o propósito de estimular a aquicultura brasileira, através de projetos nas diferentes áreas da produção, como nutrição, sanidade, manejo e melhoramento genético (Resende, 2009; Rocha et al., 2013).

O programa de melhoramento genético com esta espécie foi implementado nas regiões Norte e Centro-Oeste do país, tendo como objetivos consolidar um plano nacional de melhoramento genético e disseminar o uso de material genético superior, em diversos níveis de cultivo (Oliveira et al., 2012). Eram realizadas as biometrias dos animais, para se obter o ganho médio de peso diário e o peso à

despesca, sendo que a seleção dos indivíduos era realizada de acordo com os valores genéticos aditivos para a característica taxa de crescimento.

O núcleo de seleção era composto inicialmente por 64 famílias de animais provenientes de quatro núcleos satélites (Mato Grosso, Rondônia, Tocantins e Amazonas). A estação reprodutiva de 2009-2010 terminou com a organização de 45 famílias, sendo possível estimar os parâmetros genéticos de 198 animais (cerca de 10 famílias), para as características de interesse econômico (Mello et al., 2016). Na estação reprodutiva de 2011-2012 foram realizados acasalamentos de animais selecionados a partir de seus valores genéticos aditivos para a característica ganho de peso diário, de maneira que já existiam alevinos de Tambaquis filhos de animais geneticamente avaliados e superiores para taxa de crescimento (Resende et al., 2010; Oliveira et al., 2012). Porém, este programa foi finalizado, de maneira que não há registros de Tambaquis melhorados sendo comercializados no mercado.

O melhoramento genético em Tambaqui, como nas demais espécies de peixes, pode ser realizado através da seleção e do cruzamento. A seleção genética prioriza o acasalamento de indivíduos geneticamente superiores para determinadas características, dessa forma o conhecimento dos parâmetros genéticos para as características de crescimento possibilita a seleção dos animais, permitindo a predição correta do ganho genético (Oliveira et al., 2010; Mello et al., 2016).

E para a produção do Tambaqui nas diversas regiões do país, a técnica de hibridização interespecífica é utilizada tanto nos programas de melhoramento genético quanto pelos piscicultores comerciais, com o objetivo de produzir animais, a partir do cruzamento entre indivíduos de espécies diferentes, mas do mesmo gênero, com características favoráveis para à produção, explorando assim a superioridade dos indivíduos cruzados em relação à média dos pais (Oliveira et al., 2010; Moro et al., 2013).

Os híbridos formados a partir das espécies Tambaqui e Pacu são: o “tambacu” (Figura 5), híbrido mais produzido no Brasil, apresenta uma combinação de maiores taxas de crescimento e sobrevivência (característica do Tambaqui) e resistência a baixas temperaturas e rusticidade (característica do Pacu) (Senhorini et al., 1988; Moro et al., 2013; Alves et al., 2014). E o “paqui” que possui um maior potencial de crescimento em relação aos seus progenitores (Senhorini et al., 1988).

FIGURA 5 – EXEMPLAR DO HÍBRIDO “TAMBACU”, FORMADO A PARTIR DE UMA FÊMEA DE TAMBAQUI E UM MACHO DE PACU



FONTE: <http://universodapesca.comunidades.net/>.

O híbrido “tambatinga” (Figura 6), formado a partir de uma fêmea de Tambaqui com um macho de Pirapitinga, vem ganhando espaço no mercado consumidor, produzido nas regiões Norte e Centro-Oeste do país. Suas principais características são rápido crescimento e maior eficiência na filtração de plâncton, devido seus rastros branquiais mais desenvolvidos, características herdadas do seu parental Tambaqui. Em relação ao seu parental Pirapitinga, herdou a maior deposição muscular no lombo, podendo apresentar, até dois ciclos produtivos durante um ano, devido ao maior crescimento (Silva-Acuña & Guevara, 2002; Moro et al., 2013; Alves et al., 2014).

FIGURA 6 – EXEMPLAR DO HÍBRIDO “TAMBATINGA”, FORMADO A PARTIR DE UMA FÊMEA DE TAMBAQUI E UM MACHO DE PIRAPITINGA



FONTE: <http://revistagloborural.globo.com/>.

Informações de Parâmetros Genéticos

A produtividade da piscicultura pode ser potencializada no Brasil com a utilização de reprodutores geneticamente superiores, que manifestam melhor desempenho em diversas características de interesse zootécnico, bem como em diferentes ambientes de cultivo.

Estudos com a estimação de parâmetros genéticos voltados para espécies nativas, como o Tambaqui, são poucos no Brasil. Enquanto que nas demais espécies exóticas, como Salmão do Atlântico, Carpas, Tilápia do Nilo e trutas, já estão em amplo desenvolvimento. Estes trabalhos de melhoramento genético realizados com diferentes espécies de peixes visam em sua maioria, o desenvolvimento ponderal, utilizando o peso corporal determinado em diferentes idades, assim como, o comprimento morfométrico dos animais.

Valores de herdabilidade para peso corporal e comprimento corporal, bem como suas correlações genéticas, conforme a espécie, idade, número de animais utilizados e autores são apresentados na Tabela 1.

As espécies exóticas, como Truta Arco-íris, Salmão e Carpa possuem mais estudos abordando os seus parâmetros genéticos no mundo, sendo que as herdabilidades (h^2) para peso corporal (PC) e comprimento corporal (CC) variam de baixas a moderadas magnitudes, e as correlações genéticas (r_g) entre essas características são altas, positivas e favoráveis.

No Brasil, os estudos sobre parâmetros genéticos são realizados com a Tilápia do Nilo, uma espécie exótica, mas de ampla produção e importância econômica. Na Tabela 1 é possível observar que as h^2 para PC e CC possuem uma grande variação (baixa a alta magnitude).

TABELA 1 – HERDABILIDADES (h^2) E CORRELAÇÕES GENÉTICAS (r_g) ENTRE PESO (PC) E COMPRIMENTO CORPORAL (CC) DE ESPÉCIES DE PEIXES, NÚMERO DE INDIVÍDUOS (N), EM IDADES DISTINTAS E DE ACORDO COM DIFERENTES AUTORES

ESPÉCIE	N	IDADE	h^2 (PC)	h^2 (CC)	r_g	AUTORES
Truta Arco-Íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	220 animais	18 meses	0,17	0,23	0,98	Gunnes & Gjedrem, 1981
	4.466 animais	despesca	0,21	0,18	-	Gjerde & Schaeffer, 1989
	5.827 animais	24 - 36 meses	0,20 a 0,27**	-	-	Kause et al., 2003
	17.351 animais	24 meses	0,17	-	-	Dong et al., 2015
Carpa Comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	311M e 357F	despesca	0,23	-	-	Gjerde et al., 2003
Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	30M e 90F	despesca	0,34	-	-	Rye & Gjerde, 1996
Salmão Coho (<i>Oncorhynchus kisutch</i>)	20M e 40F	8 meses	0,19 a 0,33****	0,18 a 0,30****	0,67 a 0,75****	Hershberger et al., 1990
Salmão Chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	3.908 animais	9 e 22 meses	0,39 e 0,25**	0,34 e 0,23**	0,98 e 0,99**	Winkelman & Peterson, 1994
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	2ª geração	98 dias	0,17	0,29	-	Jarimopas, 1988
	50M e 150F	despesca	0,38	-	-	Eknerth et al., 1998
	19M e 19F	112 dias	0,10 e 0,14*	-	-	Bolivar & Newkirk, 2002
	250M e 250F	98 dias	0,20	-	-	Gall & Bakar, 2002
	2.483 animais	100 a 326 dias	0,16 a 0,26**	-	-	Rutten et al., 2005
	150M e 450F	-	0,12 a 0,56***	-	-	Eknerth et al., 2007
	2.042 animais	106 e 245 dias	0,02 a 0,52**	-	-	Turra et al., 2012
	3.918 animais	-	0,15	0,23	0,84	Oliveira et al., 2014
Curimatã (<i>Prochilodus lineatus</i>)	~ 196 animais	60 a 330 dias	0,33	0,26	0,91	Rocha, 1995
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	198 animais	12 e 24 meses	0,44 e 0,42**	0,31 e 0,46**	-	Mello et al., 2016

LEGENDA: *diferentes métodos; **diferentes idades; ***diferentes ambientes de criação; ****diferentes gerações; M = macho; F = fêmea.

Observa-se que, até o momento, um único estudo foi encontrado na literatura com 198 animais meio-irmãos maternos da espécie Tambaqui, onde foram coletados dados biométricos de PC e CC aos 12 e 24 meses de idade para estimação de suas herdabilidades. As herdabilidades estimadas foram consideradas de alta magnitude, com exceção do CC aos 12 meses (média magnitude), sendo passíveis à seleção.

Ao avaliarem o ganho de peso diário em Tambaqui, Oliveira et al. (2013), utilizando um banco de dados contendo 838 peixes, estimaram o valor de herdabilidade de 0,46, considerado pelos autores de média magnitude, dificultando a seleção pelo fenótipo, porém, recomendando que esta característica pode ser utilizada como critério de seleção na avaliação genética de Tambaqui.

Existem vantagens e desvantagens na utilização de peixes em programas de melhoramento genético, eles são considerados excelentes espécimes, por apresentarem fecundação externa, o que permite a manipulação cromossômica e dos gametas para a realização dos sistemas de acasalamento dirigido; alta fecundidade, gerando um grande número de progênes, permitindo seleção mais intensa e, a viabilidade de geração de híbridos (Hiltsdorf et al., 2013).

Porém a coleta dos dados a campo apresenta um alto grau de dificuldade, seja pelo manuseio de cada indivíduo para a anotação das medidas biométricas ou pelo volume de observações a serem feitas, sendo que em sua maioria são realizadas por amostragens. Uma alternativa é o uso da simulação de dados, uma importante ferramenta utilizada nas diferentes áreas de conhecimento para estudos teóricos e práticos, viabilizando a análise de um grande número de indivíduos e antecipação de resultados dinâmicos do processo de evolução de populações ao longo de várias gerações (Carvalho et al., 2001). Este fato é particularmente importante nos estudos com peixes uma vez que, em geral, apresentam alta prolificidade e, por isso, decisões erradas na escolha de reprodutores potencialmente podem afetar rapidamente uma proporção muito grande da população.

Para garantir o aumento da produtividade da piscicultura no Brasil, é importante viabilizar a produção de animais mais eficientes quanto a conversão alimentar, velocidade de crescimento, resistência a doenças, entre outras características de interesse comercial e zootécnico, por meio da seleção genética, estimação de parâmetros genéticos e implantação de programas de melhoramento genético para as principais espécies nativas.

Objetivo Geral

Estimar parâmetros genéticos para crescimento e avaliar o impacto na seleção de *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae).

Objetivos Específicos

Estimar os coeficientes de herdabilidade e de correlação genética para ganho de peso e comprimento corporal em *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae).

Avaliar o ganho genético e alterações nas variâncias genéticas em populações simuladas de *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae).

Referências Bibliográficas

ALVES, L.A.; VARELA, E.S.; MORO, G.V.; KIRSCHNIK, L.N.G. *Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos*. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 60p.

BAKOS, J.; VARADI, L.; GORDA, S.; JENEY, Z. Lessons from the breeding program on common carp in Hungary. In: PONZONI, R. W.; ACOSTA, B. O.; PONNIAH, A. G. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, p.27-33, 2006.

BOLIVAR, R.B. & NEWKIRK, G.F. Response to within family selection for body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using a single-trait animal model. **Aquaculture**, v.204, p.371-381, 2002.

BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.M.A.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.145-154, 2011.

CARVALHEIRO, R.; MUNIZ, J. A.; VEIGA, R. D.; JUDICE, M. G. Simulação de plantéis de poedeiras comerciais através do SAS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.1012-1016, 2001

CARVALHO FILHO, J. A produção aquícola de 2017. **Revista Panorama da Aquicultura**, n.168, 2018. Disponível em: < <https://panoramadaaquicultura.com.br/a-producao-aquicola-de-2017/>>. Acesso em: 19 de novembro de 2018.

CHAGAS, E.C. & VAL, A.L. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de Tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.3, p.397-40,. 2003.

CHARO-KARISA, H.; REZK, M.A.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. **Aquaculture**, v.249, p.115-123, 2005.

COPERAMA - Cooperativa dos Produtores Rurais do Pontal do Triângulo Mineiro. Disponível em: < <http://www.coperama.com.br/>>. Acesso em: 13 dezembro 2018.

DAIRIKI, J.K. & SILVA, T.B.A. *Revisão da literatura: Exigências nutricionais do Tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p.

DONG, A.; NGUYEN, N.H.; ZHU, W. Genetic evaluation of a selective breeding program for common carp *Cyprinus carpio* conducted form 2004 to 2014. **BMC Genetics**, v.16, p.1-9, 2015.

EKNATH, A.E.; DEY, M.M.; RYE, M.; GJERDE, B.; ABELLA, T.A.; SEVILLEJA, R.; TAYAMEN, M.M.; REYES, R.A.; BENTSEN, H.B. *Selective breeding of Nile tilapia for Asia*. In: World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 6., v.27, p.89–96, 1998.

EKNATH A.E.; BENTSEN, H.B.; PONZONI, R.W.; RYE, M.; NGUYEN, N.H.; THODESEN, J.; GJERDE, B. Genetic improvement of farmed tilapias: composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. **Aquaculture**, v.273, p.1-14, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: < <http://www.fao.org/fishery/>>. Acesso em: 19 novembro 2018.

GALL, G.A.E. & BAKAR, Y. Application of mixed-model techniques to fish breed improvement: analysis of breeding-value selection to increase 98-day body weight in tilapia. **Aquaculture**, v.212, p.93-113, 2002.

GJEDREM, T. & THODESEN, J. Selection. In: GJEDREM, T., editor. **Selection and breeding programs in aquaculture**. Dordrecht: Springer; 2005. p.89–111.

GJEDREM, T. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. **Aquaculture**, v.344-349, p.12-22, 2012.

GJERDE, B. & SCHAEFFER, L.R. Body traits in rainbow trout. II. Estimates of heritabilities and of phenotypic and genetic correlations. **Aquaculture**, v.80, p.25-44, 1989.

GJERDE, B.; MAHAPATRA, K.D.; REDDY, P.V.G.K. et al. *Genetic parameters for growth of rohu carp (Labeo Rohita)*. Final Report on the Indo Norwegian Collaborative Projects, p.56. 2003.

GOMES, L. DE C.; SIMÕES, L.N. & ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. *Tambaqui (Colossoma macropomum)*. In B. Baldisserotto & L. de C. Gomes (org.), *Espécies nativas para piscicultura no Brasil* (pp. 175-204). Santa Maria: Ed. da UFSM. 2013.

GOULDING, M. & CARVALHO, M.L. Life history and management of the Tambaqui (*Colossoma macropomum*, *Characidae*): an important Amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, n.2, p.107-133, 1982.

GUNNES, K. & GJEDREM, T. A genetic analysis of body weight and length in rainbow trout reared in seawater for 18 months. **Aquaculture**, v.24, p.161-174, 1981.

GUPTA, M.V. & ACOSTA, B.O. From drawing board to dining table: The success story of the GIFT project. **NAGA, WorldFish Center Quarterly**, v.27, n.3-4, p.4-14, 2004.

HERSHBERGER, W.K.; MYERS, J.M.; IWAMOTO, R.N.; MCAULEY, W.C.; SAXTON, A.M. Genetic changes in the growth of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Marine Net-Pens, produced by ten years of selection. **Aquaculture**, v.85, p.187-197, 1990.

HILSDORF, A.W.S.; MOREIRA, H.L.M.; FREITAS, R.T.F. Desmitificando a genética. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.23, n.137, p.24-27, mai/jun 2013.

HILSDORF, A.W.S.; MOREIRA, H.L.M.; FREITAS, R.T.F. Desafios do melhoramento genético de organismos aquáticos. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.25, n.147, p.36-43, jan/fev 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2016**, Rio de Janeiro, v.44, p.1-51, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2017**, Rio de Janeiro, v.45, p.1-8, 2017.

JARIMOPAS, P. *Realized response of thai red tilapia to weight – specific selection for growth (3rd – 5th generations)*. Technical paper submitted to the international development research. Centre, on fish genetics (Thailand) project (phase 2). National Inland Fisheries Institute. Department of Fisheries Bangkok, Thailand. 1988.

KAUSE, A.; RITOLA, O.; PAANANEN, T.; MÄNTYSAARI, E.; ESKELINEN, U. Selection against early maturity in large rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: the quantitative genetics of sexual dimorphism and genotype-by-environment interactions. **Aquaculture**, v.228, p.53-68, 2003.

LUPCHINSKI JÚNIOR, E.; VARGAS, L.; POVH, J.A.; RIBEIRO, R.P.; MANGOLIN, C.A.; BARRERO, M.L. Avaliação da variabilidade das gerações G0 e F1 da linhagem

GIFT de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por RAPD. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30, n.2, p.233-240, 2008.

MASSAGO, H. *Desempenho de alevinos de quatro linhagens da tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) e análise da variabilidade genética pelos marcadores RAPD*. 2007. 40 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, São Paulo.

MELLO, F., OLIVEIRA, C.A.L., STREIT JR, D., RESENDE, E.K., OLIVEIRA, S.N., FORNARI, D.C., BARRETO, R.V., POVH, J.A. & RIBEIRO, R.P. Estimation of genetic parameters for body weight and morphometric traits to Tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of Fisheries Sciences.com**, v.10, n.2, p.96-100, 2016.

MENDONÇA. P.P.; FERREIRA, R.A.; VIDAL JUNIOR, M.V.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, M.V.B.; FERREIRA, A.V.; REZENDE, F.P. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.223, p.323-331, 2009.

MORO, G.V.; REZENDE, F.P.; ALVES, A.L.; HASHIMOTO, D.T.; VARELA, E.S.; TORATI, L.S. Espécies de peixe para piscicultura. In: RODRIGUES, A.P.O.; LIMA, A.F.; ALVES, A.L.; LUIZ, D.B.; HASHIMOTO, D.T.; VARELA, E.S.; REZENDE, F.P.; MATOS, F.T.; BERGAMIN, G.T.; MORO, G.V.; LIMA, L.K.F.; LUNDSTEDT, L.M.; TORATI, L.S.; KIRSCHNIK, L.N.G.; IWASHITA, M.K.P.; CHICRALA, P.C.M.S.; MACIEL, P.O. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. 1ª Edição. Brasília, DF: Ed. Embrapa, 2013. p.29-70.

OLIVEIRA, C.A.L.; RESENDE, K.E.; LEGAT, A.P.; RIBEIRO, R.P. *Melhoramento genético de peixes no Brasil: Situação atual e perspectivas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 20., 2010. Palmas – TO. *Resumos...* Palmas: XX Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2010. p.237-249.

OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; STREIT JUNIOR, D.P.; POVH, J.A.; RESENDE, E.K. Melhoramento genético de peixes. Uma realidade para a piscicultura brasileira. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.22, n.139, p.38-47, 2012.

OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, C.A.L.; FORNARI, D.C.; STREIT JUNIOR, D.; RIZZATO, G.S.; RIBEIRO, R.P. *Estimativas de parâmetros genéticos para velocidade de crescimento em Tambaqui (Colossoma macropomum)*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, SBMA, X, 2013, Uberaba, MG.

OLIVEIRA, S.N.; OLIVEIRA, C.A.L.; ALEXANDRE FILHO, L.; RESENDE, E.K.; BARRERO, N.M.L.; KUNITA, N.M.; SANTANDER, V.F.A.; RIBEIRO, R.P. Genetic parameters and morphometric characteristics of two generations from the GIFT strain of the Nile tilapia. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3457-3468, 2014.

PAULA, F.G. *Desempenho do Tambaqui (Colossoma macropomum), da pirapitinga (Piaractus brachypomum) e do híbrido tambatinga (C. macropomum x P. brachypomum) mantidos em viveiros fertilizados na fase de engorda*. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Goiânia. 2009.

PeixeBR – Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2018**. Disponível em: <<http://www.peixebr.com.br>>. Acesso em: 19 novembro 2018.

PONZONI, R.W.; KHAW, H.L.; YEE, H.Y. *GIFT: the story since leaving ICLARM (now known as the WorldFish Center) – socioeconomic, access and benefit sharing and Dissemination aspects*. Malaysia. WorldFish Center, 2010. 47p.

RESENDE, E.K. Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. Aquabrazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.52-57, 2009.

RESENDE, E.K.; OLIVEIRA, C.A.L.; LEGAT, A.P.; RIBEIRO, R.P. *Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, SBMA, 8., 2010, Maringá, PR.

REVISTA GLOBO RURAL. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com>>. Acesso em: 02 novembro 2018.

ROCHA, M.A. *Estimativas de herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais de características avaliadas no curimatã (*Prochilodus lineatus*), em idades entre 60 a 330 dias*. 1995. 171 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 1995.

ROCHA, C.M.C.; RESENDE, E.K.; ROUTLEDGE, E.A.B.; LUNDSTEDT, L.M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, p.4-6, 2013.

RUTTEN, M.J.M.; KOMEN, H.; BOVENHUIS, H. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. **Aquaculture**, v.246, p. 101-113, 2005.

RYE, M. & GJERDE, B. Phenotypic and genetic parameters of body composition traits and flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Aquaculture Research**, v.27, p.121-133, 1996.

SANTOS, V.B. A disponibilidade de diferentes linhagens de Tilápias. **Pesquisa & Tecnologia**, v.3, n.1, 2006.

SANTOS, M.C.F.; RUFFINO, M.L.; FARIAS, I.P. High levels of genetic variability and panmixia of the Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) in the main channel of the Amazon river. **Journal of Fish Biology**, v.71, p.33-44, 2007.

SANTOS, A.I. *Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos em tilápias*. 2009. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SENHORINI, J.A.; FIGUEIREDO, G.M.; FONTES, N.A.; CAROLSFELD, J. Larvicultura e alevinagem do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) e seus respectivos híbridos. **Boletim Técnico do CEPTA**, 1988. 12p.

SILVA-ACUÑA, A. & GUEVARA, M. Evaluation of two commercial diets on growth of the hybrid *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. **Zootecnia Tropical**, v.20, n.4, p.449–459, 2002.

THODESEN, J. & GJEDREM, T. Breeding programs on Atlantic salmon in Norway – Lessons learned. In: PONZONI, R.W.; ACOSTA, B.O.; PONNIAH, A.G. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, p.22-26, 2006.

TURRA, E.M.; OLIVEIRA, D.A.A.; VALENTE, B.D.; TEIXEIRA, E.A.; PRADO, S.A.; MELO, D.C.; FERNANDES, A.F.A.; ALVARENGA, E.R.; SILVA, M.A. Estimation of genetic parameters for body weights of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* using random regression models. **Aquaculture**, v.354-355, p.31-37, 2012.

UNIVERSO DA PESCA. Disponível em: <<http://universodapesca.comunidades.net>>. Acesso em: 02 novembro 2018.

VARELA, E.S.; ALVES, A.L.; BARROSO, A.S.; TARDIVO, T.F. *Parentesco genético em reprodutores de Tambaqui (Colossoma macropomum) baseado em marcadores de DNA: perspectivas de manejo genético na ausência de pedigree*. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015. 28p.

WINKELMAN, A.M. & PETERSON, R.G. Genetic parameters (heritabilities, dominance ratios and genetic correlations) for body weight and length of chinook salmon after 9 and 22 months of saltwater rearing. **Aquaculture**, v.125, p.31-36, 1994.

CAPÍTULO I – Estimativa de parâmetros genéticos para ganho de peso e comprimento em *Colossoma macropomum* (Characiformes:Characidae)

Resumo: O objetivo deste estudo foi estimar os parâmetros genéticos para as características ganho de peso e comprimento, além de medidas de pesos e comprimentos em diferentes idades em *Colossoma macropomum*. Foram utilizados dados de 12 biometrias de 120 animais da espécie Tambaqui da Embrapa Pesca e Aquicultura, totalizando 1.440 informações de peso e comprimento corporal, sendo estimados os parâmetros de herdabilidade e correlação genética entre as características ganho de peso e comprimento, além de medidas de pesos e comprimentos aos 3, 3,5 e 4 anos de idade. As estimativas de herdabilidade para ganho de peso e comprimento foram de 0,01 e 0,27, respectivamente e a correlação genética entre ambas foi de alta magnitude, positiva e favorável (0,84). Com relação aos pesos corporais, conforme a idade dos animais aumenta a herdabilidade diminui, passando de 0,50 aos 3 anos de idade para 0,17 aos 4 anos de idade e as correlações genéticas foram altas, positivas e favoráveis. Para os comprimentos corporais, conforme a idade dos animais aumenta a herdabilidade aumenta, porém, não interferindo na magnitude, sendo considerada moderada (0,26, 0,30 e 0,31 aos 3, 3,5 e 4 anos de idade, respectivamente) e as correlações genéticas entre elas variam de moderadas a altas, positivas e favoráveis. Concluiu-se que, devido às estimativas de herdabilidade baixas para ganho de peso e peso aos 4 anos de idade, pode não haver a possibilidade de progresso genético, porém a seleção para aumentar o ganho de comprimento poderá levar ao aumento no ganho de peso. As características ganho de comprimento, peso aos 3 e 3,5 anos e comprimento aos 3, 3,5 e 4 anos podem ser utilizadas como critérios de seleção, permitindo prever a resposta à seleção.

Palavras-chave: correlação genética, crescimento, herdabilidade, peixe, seleção, Tambaqui.

1.1. Introdução

O Tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a segunda espécie mais importante e cultivada no Brasil, com uma produção de 88,513 toneladas em 2017, sendo o estado de Rondônia o maior produtor deste peixe (IBGE, 2017).

Apesar da grande importância na produção do *C. macropomum*, a escassez de informações relacionadas a programas de registro e avaliação zootécnica em plantéis comerciais impedem a elaboração e progresso de programas de melhoramento genético dessa espécie (Resende, 2009). Consequentemente, não há um banco de dados que possibilite definir quais são as diferenças entre os distintos locais de cultivo e que permita a identificação do desempenho produtivo dos plantéis (Varela et al., 2015).

Os programas existentes com animais aquáticos, tanto no Brasil quanto em outros países, visam principalmente o crescimento (Eknath et al., 1998; Gupta & Acosta, 2004; Bakos et al., 2006; Thodesen & Gjedrem, 2006; Oliveira et al., 2010; Resende et al., 2010; Gjedrem, 2012; Oliveira et al., 2012), que pode ser avaliado em termos de ganho de peso e comprimento, taxa de crescimento ou medidas corporais, como o peso e o comprimento corporal, entre outras. Outras características vêm sendo incorporadas, relacionadas à reprodução e resistência a doenças, assim como estudos com dados genômicos.

A herdabilidade é um dos parâmetros mais importantes no melhoramento genético, indicando quanto da variabilidade fenotípica é de origem genética aditiva e fornecendo informações objetivas no processo de seleção genética (Falconer & Mackay, 1996). Matematicamente, é uma medida da relação entre o desempenho (valor fenotípico) e os valores genéticos de uma característica em uma população (Bourdon, 2014).

A correlação genética mede a confiabilidade da relação entre os valores genéticos de duas características, sendo importante porque se duas características são geneticamente correlacionadas, a seleção para uma delas irá causar mudança genética na outra (Bourdon, 2014), o que permite um ganho genético em ambas as características.

O objetivo deste estudo foi estimar os parâmetros genéticos para características de crescimento em *Colossoma macropomum* (*Characiformes:Characidae*).

1.2. Material e Métodos

Neste estudo foram utilizados dados de 120 animais da espécie Tambaqui (*Colossoma macropomum*) da Embrapa Pesca e Aquicultura, localizada na cidade de Palmas, Tocantins, Brasil. Os Tambaquis estavam alojados na Aquicultura Fazenda São Paulo, na cidade de Brejinho de Nazaré – TO (11°00'00" S; 48°33'56" W), distribuídos em dois tanques escavados, cada um com 60 animais.

As biometrias foram realizadas mensalmente, na primeira quinzena do mês, totalizando 12 biometrias com início aos 1.095 dias de idade, os peixes foram avaliados quanto ao peso corporal e comprimento total (figura 1), totalizando 1.440 informações. O plantel era composto por 66 machos e 54 fêmeas de 15 famílias distintas, provenientes de três diferentes estados do Brasil (Amazonas, Mato Grosso e Rondônia).

A primeira etapa para a realização da biometria foi à captura dos animais, realizada através de uma rede de arrasto, os indivíduos eram colocados individualmente em sacos plásticos com furos, para permitir a saída da água, evitando assim a pesagem incorreta. Os peixes tinham um chip implantado na região dorsal, próximo à nadadeira dorsal, a leitura era realizada imediatamente a saída dos animais do tanque, para que pudesse ser feita a correta anotação das informações. Os animais foram pesados por uma balança pendurada em um tripé e medidos com o auxílio de uma fita métrica, apoiada sobre uma mesa.

As características para quais foram estimados os parâmetros genéticos foram o ganho de peso (GP) e o ganho de comprimento (GC), obtidos da diferença entre a décima segunda biometria (aos 4 anos de idade) e a primeira biometria (aos 3 anos de idade) para peso corporal e crescimento corporal, respectivamente. Foram estimados também, parâmetros de herdabilidade e correlações genéticas para os pesos e comprimentos corporais aos 3, 3,5 e 4 anos de idade.

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DO COMPRIMENTO TOTAL EM TAMBAQUI

FONTE: Adaptado de <http://pescariamadora.blogspot.com.br/>.

As consistências iniciais e formação dos arquivos foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS - Statistical Analysis System, versão 9.4 (SAS/STAT, 2013). As análises de variância foram realizadas, por meio da metodologia dos quadrados mínimos generalizados pelo procedimento GLM (General Linear Model) conforme os modelos a seguir:

$$Y_i = \mu + SEXO_i + e_i \quad (1)$$

$$Y_{ij} = \mu + SEXO_i + TANQUE_j + e_{ij} \quad (2)$$

Em que:

O modelo (1) utilizado para as características GP, peso corporal aos três anos de idade (PC3), peso corporal aos três anos e meio de idade (PC3,5), peso corporal aos quatro anos de idade (PC4), comprimento corporal aos três anos de idade (CC3) e comprimento corporal aos três anos e meio de idade (CC3,5), onde Y_i = variável dependente; μ = média geral associada à variável dependente; $SEXO_i$ = $i^{\text{ésimo}}$ efeito classificatório de sexo e e_i = resíduo aleatório associado a cada observação.

O modelo (2) foi definido para as características GC e comprimento corporal aos quatro anos de idade (CC4), onde Y_{ij} = variável dependente; μ = média geral associada à variável dependente; $SEXO_i$ = $i^{\text{ésimo}}$ efeito classificatório de sexo; $TANQUE_j$ = $j^{\text{ésimo}}$ efeito classificatório de tanque e e_{ij} = resíduo aleatório associado a cada observação.

Em ambos os modelos foram testados os efeitos de origem da mãe e do pai (local de nascimento) como efeitos fixos, porém não foram significativos, por isso não entraram no modelo final.

Os parâmetros genéticos foram estimados através de modelo animal multicaracterística por meio do software AIREMLF90 (Misztal et al., 2014), conforme o modelo a seguir:

$$y = X\beta + Z\alpha + \varepsilon$$

Em que:

y = vetor das observações; β = vetor dos efeitos fixos; α = vetor dos efeitos aleatórios; X e Z = matrizes de incidência dos efeitos fixos e dos efeitos aleatórios, respectivamente e, ε = vetor dos efeitos residuais aleatórios.

1.3. Resultados e Discussão

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentadas as médias fenotípicas com seus respectivos desvios-padrão para as características de crescimento em estudo, para o banco completo, machos e fêmeas. Observamos que nesta fase do desenvolvimento, tanto o peso quanto o comprimento apresentaram um rápido crescimento, passando de 2,26 a 4,53 kg e de 48,85 a 59,47 cm no decorrer de um ano para todos os peixes. Sendo que as fêmeas são mais pesadas e maiores em relação aos machos, por demonstrarem um ganho de peso e comprimento superiores. De acordo com estudos realizados por Vieira et al. (1999) e Mello et al. (2015), as fêmeas apresentam um maior crescimento corporal após a maturação reprodutiva, que ocorre por volta dos 2,5 a 3 anos de idade, o que corrobora com os dados apresentados neste estudo, em que os animais foram avaliados dos 3 aos 4 anos de idade.

TABELA 1 – MÉDIAS (kg), DESVIOS PADRÃO (DP) E NÚMEROS DE ANIMAIS (N) PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AO PESO CORPORAL EM *Colossoma macropomum*

Características	Geral		Machos		Fêmeas	
	N	Média ± DP	N	Média ± DP	N	Média ± DP
PC3	117	2,26 ± 0,38	65	2,16 ± 0,35	52	2,37 ± 0,39
PC3,5	103	4,28 ± 0,57	58	4,05 ± 0,52	45	4,58 ± 0,50
PC4	113	4,53 ± 0,82	64	4,19 ± 0,75	49	4,97 ± 0,69
GP	110	2,27 ± 0,76	63	2,03 ± 0,77	47	2,60 ± 0,63

LEGENDA: PC3 = peso corporal aos três anos de idade; PC3,5 = peso corporal aos três anos e meio de idade; PC4 = peso corporal aos quatro anos de idade; GP = ganho de peso no período de um ano.

TABELA 2 – MÉDIAS (cm), DESVIOS PADRÃO (DP) E NÚMEROS DE ANIMAIS (N) PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AO COMPRIMENTO CORPORAL EM *Colossoma macropomum*

Características	Geral		Machos		Fêmeas	
	N	Média ± DP	N	Média ± DP	N	Média ± DP
CC3	117	48,85 ± 2,01	65	48,46 ± 1,91	52	49,33 ± 2,04
CC3,5	103	56,56 ± 2,10	58	55,90 ± 1,92	45	57,42 ± 2,03
CC4	112	59,47 ± 2,69	62	58,58 ± 2,65	50	60,58 ± 2,33
GC	109	10,62 ± 0,76	61	10,12 ± 2,83	48	11,25 ± 2,29

LEGENDA: CC3 = comprimento corporal aos três anos de idade; CC3,5 = comprimento corporal aos três anos e meio de idade; CC4 = comprimento corporal aos quatro anos de idade; GC = ganho de comprimento no período de um ano.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros de herdabilidade (h^2 - na diagonal principal) e correlação genética (r_g - acima da diagonal) para as características ganho de peso e comprimento corporal. A h^2 para ganho de peso é quase nula (0,01), ou seja, a resposta à seleção seria de baixa magnitude mesmo que os melhores reprodutores fossem selecionados. Enquanto que o ganho de comprimento apresenta uma h^2 de moderada magnitude (0,27), sendo possível um ganho genético moderado na seleção desta característica. Porém, como a r_g entre ambas foi de alta magnitude, positiva e favorável (0,84), a seleção para aumentar o ganho de comprimento poderá levar ao aumento no ganho de peso.

TABELA 3 - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA GANHO DE PESO E COMPRIMENTO OBTIDOS NO PERÍODO DE UM ANO EM *Colossoma macropomum*

	Ganho de Peso	Ganho de Comprimento
Ganho de Peso	0,01 ± 0,01	0,84 ± 0,65
Ganho de Comprimento	-	0,27 ± 0,19

LEGENDA: h^2 - coeficiente de herdabilidade na diagonal; r_g - correlação genética acima da diagonal.

Ao avaliarem o ganho de peso diário em Tambaqui, Oliveira et al. (2013), em um banco de dados contendo 838 peixes, estimaram o coeficiente de herdabilidade de 0,46, valor superior ao encontrado neste estudo, o que pode ser explicado pelo baixo número de animais disponíveis para avaliação biométrica (120 animais).

Nas Tabelas 4 e 5 encontram-se os coeficientes de h^2 e r_g das características peso e comprimento corporal, ao 3, 3,5 e 4 anos de idade. Com relação aos pesos corporais, tabela 4, observa-se que conforme a idade dos animais aumenta a herdabilidade diminui, passando de 0,50 (alta magnitude) aos 3 anos de idade para 0,17 (baixa magnitude) aos 4 anos de idade, indicando que quanto mais tempo o piscicultor e/ou programa de melhoramento genético demorar para selecionar os

reprodutores e matrizes com base no fenótipo, menor serão suas chances de obter uma progênie superior. Segundo Gomes et al. (2013) os Tambaquis atingem a maturação sexual com, aproximadamente, 3 anos idade, se formos esperar este momento para que os animais sejam avaliados e selecionados, corremos o risco de perder em peso corporal da progênie, avaliações em indivíduos mais jovens devem ser realizados, para que alguma superioridade seja obtida.

As correlações genéticas entre os pesos em diferentes idades foram altas, positivas e favoráveis, indicando que a seleção para aumentar uma das características, por exemplo, PC3 trará como consequência o aumento do PC3,5 e PC4, o que é desejável. Além disso, podemos observar que os valores de herdabilidade são decrescentes conforme os animais tornam-se mais velhos, ou seja, fica cada vez mais difícil identificar diferenças genéticas entre os indivíduos quando utilizamos animais velhos e, por outro lado, existe grande vantagem em realizar o controle zootécnico mais precocemente uma vez que aumenta-se a proporção das diferenças de desempenho que serão transmitidas à próxima geração.

TABELA 4 - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DIFERENTES MEDIDAS DE PESO CORPORAL EM *Colossoma macropomum*

	PC3	PC3,5	PC4
PC3	0,50 ± 0,04	0,99 ± 0,01	0,69 ± 0,04
PC3,5	-	0,37 ± 0,03	0,68 ± 0,05
PC4	-	-	0,17 ± 0,02

LEGENDA: h^2 - coeficiente de herdabilidade na diagonal; r_g - correlação genética acima da diagonal; PC3 = peso corporal aos três anos de idade; PC3,5 = peso corporal aos três anos e meio de idade; PC4 = peso corporal aos quatro anos de idade.

As estimativas de herdabilidade para os comprimentos corporais, Tabela 5, tiveram um comportamento inverso dos pesos corporais. Observa-se que conforme a idade dos animais aumenta a herdabilidade aumenta, porém, não interferindo na magnitude, sendo considerada moderada (0,26, 0,30 e 0,31 aos 3, 3,5 e 4 anos de idade, respectivamente). Os erros padrão são relativamente altos, devido à estrutura familiar e número de animais avaliados, por haver uma profundidade insuficiente no pedigree, de modo que essas herdabilidades não são significativamente diferentes de zero nem diferentes umas das outras. Esta h^2 indica que a característica é passível de seleção e, como as correlações genéticas entre elas variam de

moderadas a altas, positivas e favoráveis, a seleção para aumentar umas delas, também promoverá benefícios no aumento das demais características.

TABELA 5 - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA DIFERENTES MEDIDAS DE COMPRIMENTO CORPORAL EM *Colossoma macropomum*

	CC3	CC3,5	CC4
CC3	0,26 ± 0,23	0,37 ± 2,98	0,40 ± 1,81
CC3,5	-	0,30 ± 0,27	0,84 ± 1,11
CC4	-	-	0,31 ± 0,26

LEGENDA: h^2 - coeficiente de herdabilidade na diagonal; r_g - correlação genética acima da diagonal; CC3 = comprimento corporal aos três anos de idade; CC3,5 = comprimento corporal aos três anos e meio de idade; CC4 = comprimento corporal aos quatro anos de idade.

Rutten et al. (2005) em estudo com 2.483 Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com idades entre 100 e 326 dias, estimaram coeficientes de h^2 para peso corporal variando de 0,16 a 0,26 (baixa a moderada magnitude) e correlações genéticas acima de 0,90, sendo consideradas pelos autores mais estáveis em idades mais avançadas. Os autores destacam que a h^2 foi, razoavelmente, constante em torno de 0,20 após os 150 dias de idade.

Turra et al. (2012) avaliaram 2.042 Tilápias do Nilo, com idades entre 106 e 245 dias e estimaram h^2 para peso corporal de 0,02 a 0,52 (baixa a alta magnitude), indicando que as estimativas de h^2 aumentaram gradativamente com a idade, pois houve uma redução gradual na variância do efeito da família, ou seja, os indivíduos eram mantidos em grupos familiares no início do seu desenvolvimento, o que pode diminuir a h^2 da característica, pois o efeito da variância ambiental é superior. As correlações genéticas entre os pesos corporais em diferentes idades foram maiores do que 0,60, sugerindo que a resposta correlacionada no peso corporal nas idades mais avançadas (245 dias) poderia ser alcançada selecionando peixes em idades mais precoces (106 dias).

As herdabilidades e correlações genéticas para peso corporal destes trabalhos estão próximas às encontradas em nosso estudo com Tambaqui, porém as idades dos peixes são distintas, bem como as espécies avaliadas.

Em estudo com 198 Tambaquis, Mello et al. (2016) avaliaram o peso e o comprimento corporal. As estimativas de h^2 foram de 0,44 e 0,42 para peso aos 12 e 24 meses, respectivamente e, de 0,31 aos 12 meses e 0,46 aos 24 meses, para comprimento. Segundo os autores, estes valores indicam que uma grande proporção de variância observada para ambas às características tem origem

genética e, os coeficientes de herdabilidade das características de crescimento em animais aquáticos variam de acordo com a espécie e a fase de desenvolvimento do peixe.

Os animais do trabalho de Mello et al. (2016), são mais jovens em relação ao nosso estudo, porém o comportamento das h^2 foram semelhantes. Na característica peso corporal, conforme a idade do Tambaqui avança, a estimativa da h^2 diminui, indicando a necessidade de se avaliar os animais mais jovens. E, no comprimento, a h^2 aumenta com a idade nos dois trabalhos.

A herdabilidade e a correlação genética para características de crescimento variam de acordo com a espécie e a fase de desenvolvimento dos peixes. Estudos com parâmetros genéticos de características de crescimento em Tambaqui devem ser realizados em animais mais jovens (antes da maturidade sexual), com maior número de informações para que haja a correta quantificação dos efeitos de família e a para que a seleção de reprodutores e matrizes seja mais eficiente.

1.4. Conclusões

Na fase de desenvolvimento avaliada, a característica ganho de peso pode não responder diretamente à seleção, devido à baixa herdabilidade, porém a seleção para aumentar o ganho de comprimento poderá levar ao aumento indireto no ganho de peso.

As correlações genéticas entre características peso e comprimento corporal aos 3, 3,5 e 4 anos de idade são positivas e alta magnitude.

Houve diminuição na magnitude dos valores de herdabilidade para a característica peso corporal com o aumento da idade. Resultado que indica que a avaliação dos parâmetros genéticos deva ser realizada em animais mais jovens que 3 anos de idade, de modo a identificar melhor as variações genéticas entre os indivíduos.

1.5. Referências Bibliográficas

A Arte da Pesca. Disponível em: <<http://pescariamadora.blogspot.com.br>>. Acesso em: 02 novembro 2018.

BAKOS, J., VARADI, L., GORDA, S. & JENEY, Z. (2006). Lessons from the breeding program on common carp in Hungary. In R. W. Ponzoni, B. O. Acosta & A. G. Ponniah. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, 27-33.

BOURDON, R. M. (2014). *Understanding Animal Breeding*. 2. ed. Editora Pearson Education Limited.

EKNATH, A. E., DEY, M. M., RYE, M., GJERDE, B., ABELLA, T. A., SEVILLEJA, R., TAYAMEN, M. M., REYES, R. A. & BENTSEN, H. B. (1998). *Selective breeding of Nile tilapia for Asia*. In World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 6, 27, 89–96.

FALCONER, D. S. & MACKAY, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4 ed.). Harlow, UK: Pearson Education.

GJEDREM, T. (2012). Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. **Aquaculture**, 344-349, 12-22.

GOMES, L. DE C., SIMÕES, L. N. & ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. (2013). *Tambaqui (Colossoma macropomum)*. In B. Baldisserotto & L. de C. Gomes (org.), *Espécies nativas para piscicultura no Brasil* (pp. 175-204). Santa Maria: Ed. da UFSM.

GUPTA, M. V. & ACOSTA, B. O. (2004). From drawing board to dining table: The success story of the GIFT project. **NAGA, WorldFish Center Quarterly**, 27, 3-4, 4-14.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). **Produção da Pecuária Municipal 2017**, Rio de Janeiro, 45, 1-8.

MELLO, F., OLIVEIRA, C. A. L., RIBEIRO, R. P., RESENDE, E. K., POVH, J. A., FORNARI, D. C., BARRETO, R. V., MCMANUS, C., STREIT JUNIOR, D. (2015). Growth curve by Gompertz nonlinear regression model in female and males in

Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 87, 4, 2309-2315.

MELLO, F., OLIVEIRA, C.A.L., STREIT JR, D., RESENDE, E. K., OLIVEIRA, S. N., FORNARI, D. C., BARRETO, R. V., POVH, J. A. & RIBEIRO, R. P. (2016). Estimation of genetic parameters for body weight and morphometric traits to Tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of FisheriesSciences.com**, 10, 2, 96-100. ISSN 1307-234X

MISZTAL, I., TSURUTA, S., LOURENÇO, D., AGUILAR, I., LEGARRA, A., VITEZICA, Z. (2014). *Manual for BLUPF90 Family of Programs*. (University of Georgia: Athens, GA).

OLIVEIRA, C. A. L., RESENDE, K. E., LEGAT, A. P., RIBEIRO, R. P. (2010). *Melhoramento genético de peixes no Brasil: Situação atual e perspectivas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 20., 2010. Palmas – TO. *Resumos...* Palmas: XX Congresso Brasileiro de Zootecnia, 237-249.

OLIVEIRA, C. A. L., RIBEIRO, R. P., STREIT JUNIOR, D. P., POVH, J. A., RESENDE, E. K. (2012). Melhoramento genético de peixes. Uma realidade para a piscicultura brasileira. **Revista Panorama da Aquicultura**, 22, 139, 38-47.

OLIVEIRA, A. M. S., OLIVEIRA, C. A. L., FORNARI, D. C., STREIT JUNIOR, D., RIZZATO, G. S., RIBEIRO, R. P. (2013). *Estimativas de parâmetros genéticos para velocidade de crescimento em Tambaqui (Colossoma macropomum)*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, SBMA, X, 2013, Uberaba, MG.

RESENDE, E. K. (2009). Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. Aquabrazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 52-57. doi: 10.1590/S1516-35982009001300006

RESENDE, E. K., OLIVEIRA, C. A. L., LEGAT, A. P., RIBEIRO, R. P. (2010). *Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, SBMA, 8., 2010, Maringá, PR.

RUTTEN, M. J. M., KOMEN, H., BOVENHUIS, H. (2005). Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. **Aquaculture**, 246, 101-113.

SAS Institute Inc. (2013). Base SAS® 9.4 *Procedures Guide: Statistical Procedures*, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.

THODESEN, J. & GJEDREM, T. (2006). *Breeding programs on Atlantic salmon in Norway – Lessons learned*. In R. W. Ponzoni, B. O. Acosta & A. G. Ponniah, Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs. Malaysia. Worldfish Center, 22-26.

TURRA, E. M., OLIVEIRA, D. A. A., VALENTE, B. D., TEIXEIRA, E. A., PRADO, S. A., MELO, D. C., FERNANDES, A. F. A., ALVARENGA, E. R., SILVA, M. A. (2012). Estimation of genetic parameters for body weights of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* using random regression models. **Aquaculture**, 354-355, 31-37.

VARELA, E. S., ALVES, A. L., BARROSO, A. S. & TARDIVO, T. F. (2015). *Parentesco genético em reprodutores de Tambaqui (Colossoma macropomum) baseado em marcadores de DNA: perspectivas de manejo genético na ausência de pedigree*. Palmas: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Embrapa Pesca e Aquicultura. 28p. ISSN 2358-6273

VIEIRA E. F., ISAAC V. J., FABRÉ N. N. (1999). Biologia reprodutiva de Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Teleostei, Serrasalminidae), no baixo Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, 29, 4, 625-638.

CAPÍTULO II – Ganho genético para peso corporal em população simulada de *Colossoma macropomum* (Characiformes: Characidae)

Resumo: O objetivo deste estudo foi comparar o ganho genético para peso corporal em população simulada de *Colossoma macropomum* no decorrer de cinco gerações de seleção. A simulação dos dados foi realizada através do programa QMSim, com base nas herdabilidades para peso corporal aos 24 meses de idade (cenário I: $h^2 = 0,85$ e cenário II: $h^2 = 0,14$). No cenário I houve maior ganho genético, atingindo 16% de ganho da geração zero à geração cinco versus 3% do cenário II. Foi possível antecipar que ao realizar a escolha de reprodutores com base no fenótipo existe um risco muito alto de obter-se ganho genético praticamente nulo mesmo após 15 anos de seleção se a herdabilidade da característica de interesse for baixa.

Palavras-chave: herdabilidade, QMSim, seleção, simulação, Tambaqui, tendência genética.

2.1. Introdução

Os primeiros programas de melhoramento genético voltados para espécies aquáticas, registrados na literatura científica e de aplicabilidade pelo setor produtivo datam do final da década de 1960 e início da década de 1970: programas de melhoramento de trutas e salmões nos Estados Unidos e Noruega (Hilsdorf, Moreira & Freitas, 2015). Os peixes provenientes de programas de melhoramento genético representam apenas 10% da produção total dos animais utilizados na produção animal (Gjedrem & Thodesen, 2005; Gjedrem, 2012).

Em diversos países, existem programas consolidados de seleção de reprodutores para diversas espécies, como Salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (Thodesen & Gjedrem, 2006; Gjedrem, 2012), Carpa Comum (*Cyprinus carpio*) (Bakos, Varadi, Gorda & Jeney, 2006; Nguyen, 2015) e Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Gjedrem, 2012; Nguyen, 2015).

No Brasil, o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) compõe o grupo de peixes chamados de redondos e representa a base da produção de peixes nativos na piscicultura nacional, tanto como animais puros e, especialmente, na produção de híbridos (Gomes, Simões & Araujo-Lima, 2013). De acordo com o último senso

realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o *C. macropomum*, juntamente com a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), representam mais de 70% da produção aquícola continental (IBGE, 2017). No entanto, apesar da grande importância na produção do *C. macropomum*, a escassez de informações relacionadas a programas de registro e avaliação zootécnica em plantéis comerciais impedem a elaboração e progresso de programas de melhoramento genético dessa espécie (Resende, 2009). Consequentemente, não há um banco de dados que possibilite definir quais são as diferenças entre os distintos locais de cultivo e que permita a identificação do desempenho produtivo dos plantéis (Varela, Alves, Barroso & Tardivo, 2015).

O *C. macropomum*, por ser uma espécie de grande importância para a piscicultura de água doce no Brasil, participou do programa de avaliação genética “Melhoramento de espécies aquícolas no Brasil”, da rede Aquabrazil (Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil) em 2008, que teve como propósito o desenvolvimento do melhoramento genético de organismos aquáticos e a distribuição de animais geneticamente superiores para os produtores. Os animais eram selecionados em função dos valores genéticos aditivos para taxa de crescimento, medida a partir do ganho médio diário e peso à despesca (Oliveira, Ribeiro, Streit Jr, Povh & Resende, 2012). O programa foi encerrado em 2011, porém novas atividades continuam sendo realizadas, como a formação de um novo plantel para avaliação genética das características de crescimento, com o objetivo de estabelecer um programa de melhoramento do *C. macropomum*.

Há ausência de um banco de dados desta espécie dificulta a execução de um programa de melhoramento genético, isto porque a coleta dos dados a campo apresenta um alto grau de dificuldade, seja pelo manuseio de cada indivíduo para a anotação das medidas biométricas ou pelo volume de observações a serem feitas, sendo que em sua maioria são realizadas por amostragens.

Devido ao escasso número de artigos e ao baixo número de animais avaliados, existe alta imprecisão nos dados de literatura quanto aos parâmetros genéticos para crescimento na espécie Tambaqui, este é um dos fatores que dificulta a implementação de programas de melhoramento genético para esta espécie. Com isso, a grande maioria dos criadores recorre ao extrativismo para fazer a reposição de novos reprodutores e matrizes nas pisciculturas produtoras de

alevinos. Esse processo, é totalmente aleatório e impreciso e perpetua a ausência total de evolução nas taxas de crescimento nos alevinos fornecidos pelos plantéis que não fazem qualquer registro de desempenho zootécnico.

Até que se tenha um banco de dados com volume e estrutura suficiente para estabelecer um programa de melhoramento para esta espécie, uma alternativa para vislumbrar os efeitos genéticos nas populações comerciais é o uso da simulação de dados, uma importante ferramenta utilizada nas diferentes áreas de conhecimento para estudos teóricos e práticos, viabilizando a análise de um grande número de indivíduos e antecipação de resultados dinâmicos do processo de evolução de populações ao longo de várias gerações (Carvalho, Muniz, Veiga & Judice, 2001). Tais fatores são particularmente importantes nos estudos com peixes uma vez que, em geral, apresentam alta prolificidade e, por isso, decisões erradas na escolha de reprodutores potencialmente podem afetar rapidamente uma proporção muito grande da população.

O objetivo deste estudo foi estimar a tendência genética e o ganho genético estimado para peso corporal em população simulada de *Colossoma macropomum* considerando-se cenários com valores de herdabilidade de alta e baixa magnitude no decorrer de cinco gerações de seleção.

2.2. Material e Métodos

A simulação dos dados foi realizada através do programa QMSim (Sargolzaei & Schenkel, 2009) que permite utilizar diferentes cenários dentro de uma população, gerando para cada animal valores genéticos (EBV) e fenotípicos ao longo das gerações. O QMSim utiliza parâmetros iniciais de herdabilidade (h^2) e variância fenotípica (σ_P^2) para realizar a simulação dos dados.

Devido ao escasso número de artigos e ao baixo número de animais avaliados, existe alta imprecisão nos dados de literatura quanto aos valores de herdabilidade para crescimento na espécie Tambaqui. Dessa forma, neste estudo foram realizadas análises sobre dois cenários de simulação exatamente iguais em relação aos parâmetros zootécnicos, mas que se diferenciaram de maneira contrastante em relação ao parâmetro de herdabilidade para as características de crescimento aos 24 meses de idade (Tabela 1).

TABELA 1 – PARÂMETROS CONSIDERADOS PARA A SIMULAÇÃO DOS DADOS DA POPULAÇÃO CONSIDERANDO CENÁRIOS EM QUE O PESO CORPORAL APRESENTA ALTA OU BAIXA HERDABILIDADE

Parâmetro	Cenários	
	I	II
Herdabilidade	0,85	0,14
Variância fenotípica	0,77	0,42
Número de gerações	5	5
Método de seleção	Fenótipo	Fenótipo
Intensidade de seleção	10%	10%
Intervalo entre gerações	3 anos	

As herdabilidades e os valores fenotípicos para a característica peso corporal foram retiradas do trabalho de Mello et al. (2016). Os autores avaliaram uma população pré-selecionada de 198 *C. macropomum* do projeto Aquabrazil coordenado pela EMBRAPA. Os parâmetros genéticos para peso corporal apresentaram alta variabilidade no valor de estimativa de herdabilidade. Portanto, no presente estudo foram considerados cenários que representam tanto o efeito da imprecisão do parâmetro de herdabilidade quanto o efeito do tamanho da população base.

Além disso, a intensidade de seleção considerada para machos e fêmeas foi de 10% ($i = 1,76$) e, a exemplo do que é comumente praticado nas pisciculturas que fornecem alevinos, o método de seleção considerado foi a partir dos fenótipos com valores mais elevados.

Com relação ao número de gerações, foi realizada a simulação do processo de evolução por cinco gerações, uma vez que o intervalo de gerações médio desta espécie é de, aproximadamente, três anos de idade (Gomes, Simões & Araujo-Lima, 2013), a fim de obter o valor estimado de ganho genético para avaliar a tendência genética em 15 anos de produção.

A população histórica constituiu-se inicialmente de 20 indivíduos, sendo 10 machos e 10 fêmeas, com acasalamientos aleatórios. A partir da segunda geração até a quinta, o número de animais aumentou gradativamente de acordo com os parâmetros relatados na literatura para número de ovos/g de corpo, taxa de fertilização dos ovos, taxa de eclosão e sobrevivência das larvas (tabela 2), mantendo-se com 500.000 animais da primeira à quinta geração.

TABELA 2 – PARÂMETROS REPRODUTIVOS RELATADOS NA LITERATURA PARA PEIXES DA FAMÍLIA *CHARACIDAE* E QUE FORAM UTILIZADOS PARA SIMULAÇÃO DA POPULAÇÃO

Parâmetro	Valor*
Número de ovos/g de corpo	78
Taxa de fertilização	50%
Taxa de eclosão	50%
Taxa de sobrevivência	50%

FONTE: Santos, Lopes, Santos-Neto & Santos, 2007; Guerreiro, Dias, Fornari, Ribeiro & Zanoni, 2011; Leite et al., 2013; Gomes et al., 2013.

O ganho genético anual foi calculado através da equação chave:

$$\Delta G_{ax} = \frac{i_X \cdot h^2_X \cdot \sigma_{pX}}{IG}$$

(Falconer & Mackay, 1996)

Em que:

ΔG_{ax} = ganho genético anual do peso corporal;

i_X = intensidade de seleção;

h^2_X = herdabilidade do peso corporal;

σ_{pX} = desvio-padrão fenotípico do peso corporal;

IG = intervalo entre gerações.

2.3. Resultados e Discussão

Como esperado, o maior ganho genético anual foi estimado no cenário com alta herdabilidade, o que está relacionado com a estrutura da população simulada nos dois cenários, /ambos passaram pelo mesmo processo de seleção pelo fenótipo e mesma intensidade de seleção, entretanto a herdabilidade no cenário I é de alta magnitude o que significa que 85% da superioridade (ou inferioridade) dos pais em relação à característica peso corporal serão transmitidas para progênie, enquanto a baixa herdabilidade no cenário II (14%), indica que a resposta à seleção seria de pequena magnitude mesmo que os melhores reprodutores fossem selecionados. Sendo assim, mesmo após 15 anos não haveria grandes alterações nos fenótipos e o objetivo de aumentar a velocidade de crescimento dos animais não seria atingido.

As médias fenotípicas geradas pelo programa para a característica peso corporal no decorrer das cinco gerações simuladas, bem como os desvios-padrão de cada média foram apresentados na Tabela 3. O programa QMSim, por trabalhar

com valores iniciais de herdabilidade, e não com valores de médias e desvios-padrão, apresentou valores fenotípicos negativos. Utilizando a equação chave do melhoramento genético animal, obteve-se ganho genético anual para peso corporal de 1,02 kg/ano no cenário de alta herdabilidade (0,85) e de 0,06 kg/ano no cenário de baixa herdabilidade (0,14).

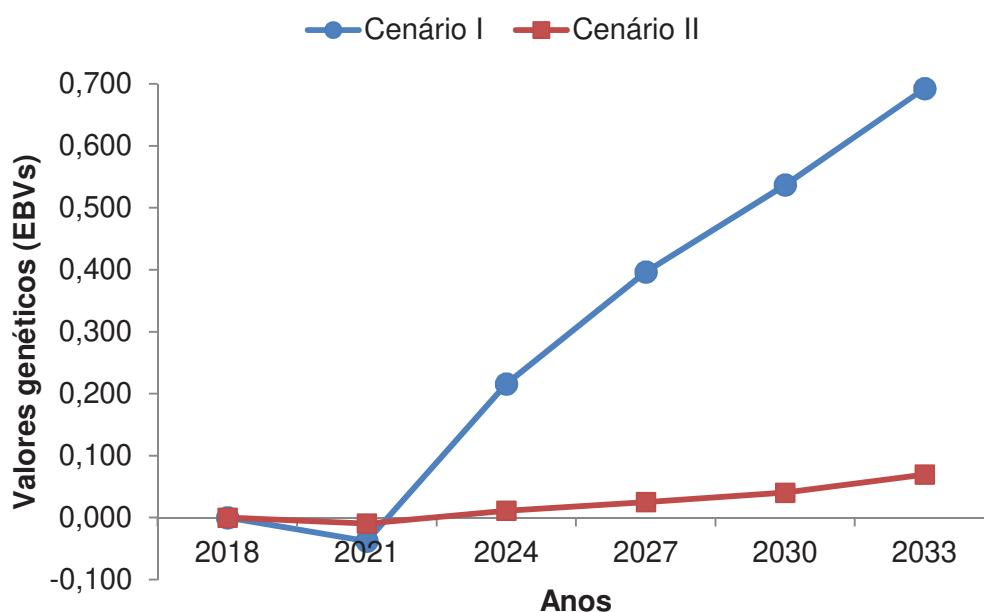
TABELA 3 – MÉDIAS FENOTÍPICAS E DESVIOS PADRÃO (DP) AO LONGO DE CINCO GERAÇÕES NOS DOIS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO PARA PESO CORPORAL (kg)

Geração	Cenários	
	I ($h^2 = 0,85$)	II ($h^2 = 0,14$)
	Média \pm DP	Média \pm DP
G0	-0,034 \pm 0,877	-0,001 \pm 0,653
G1	-0,038 \pm 1,021	-0,010 \pm 0,652
G2	0,216 \pm 1,510	0,012 \pm 0,660
G3	0,397 \pm 1,965	0,025 \pm 0,671
G4	0,537 \pm 2,351	0,040 \pm 0,685
G5	0,682 \pm 2,789	0,070 \pm 0,717
Geral	0,360 \pm 2,040	0,027 \pm 0,678

A tendência genética foi estimada por meio das médias dos valores genéticos (EBVs) dos indivíduos, no decorrer das cinco gerações, conforme ilustrado na Figura 1. O maior ganho genético ocorreu no cenário I (alta h^2) em comparação ao cenário II (baixa h^2). No cenário I o ganho genético atingido até a quinta geração foi de 16%, enquanto no cenário II foi de apenas 3%.

Em relação ao ganho genético, Gjerdem (2000) relatou que os programas de seleção de diferentes espécies de peixes têm mostrado um aumento de 10 a 15% na taxa de crescimento por geração; e Nguyen (2015) relatou que peixes e camarões (*Macrobrachium rosenbergii*) apresentaram ganhos genéticos na produtividade variando de 8 a 12% por geração. Ambos os autores concluem que estes resultados podem levar ao aumento da produção e redução nos custos de produção, porém a aplicação do melhoramento genético deve ser expandida para que haja o desenvolvimento de importantes espécies na aquicultura, de forma a aumentar a produção e melhorar a qualidade dos produtos.

FIGURA 1 – TENDÊNCIA GENÉTICA DA POPULAÇÃO NO DECORRER DAS GERAÇÕES SIMULADAS NOS CENÁRIOS COM ALTA E BAIXA HERDABILIDADE PARA A CARACTERÍSTICA PESO CORPORAL



Em estudos com *O. niloticus*, Eknath et al. (1998) estimaram o ganho genético para taxa de crescimento por geração, após cinco gerações de seleção, variando de 12 a 17%, sendo que as herdabilidades para a característica peso corporal eram de 0,23 para machos e 0,53 para fêmeas. Para peso corporal, onde a herdabilidade era de 0,34 na linhagem GIFT de *O. niloticus*, Ponzoni, Hamzah, Tan & Kamaruzzaman (2005) relataram ganho genético em um ciclo de seleção de 10%. Em ambos, as herdabilidades foram de moderada a alta magnitude, sendo os valores do ganho genético semelhantes ao encontrado neste estudo com *C. macropomum*, no cenário de alta herdabilidade.

Para *S. salar*, Thodesen, Grisdale-Helland, Helland & Gjerde (1999) encontraram 79% de ganho genético para taxa de crescimento em cinco gerações selecionadas. A resposta à seleção para taxa de crescimento em seis gerações relatada por Gjerde & Korsvoll (1999) foi de, aproximadamente, 84% ou 14% por geração. Valor igual de 14% por geração em cinco gerações foi descrita por Thodesen & Gjedrem (2006). Nestes estudos o intervalo entre gerações foram de 4 anos de idade e observa-se que o ganho genético obtido para *S. salar* é superior a outras espécies de peixes, incluindo os resultados estimados neste estudo para *C. macropomum*, este resultado pode estar relacionado à maior variabilidade genética das populações de *S. salar* em relação às das demais espécies como também uma

maior padronização das condições ambientais de criação o que diminuiria a variância ambiental e, ao mesmo tempo aumentaria relativamente à importância da variância genética em relação à variância fenotípica.

Além disso, Thodesen et al. (1999) relatam que a seleção para aumentar a taxa de crescimento irá elevar o consumo de ração e melhorar a utilização dos alimentos. Thodesen & Gjerdem (2006) concluíram que o *S. salar* melhorado cresce duas vezes mais rápido que os seus homólogos selvagens, sendo que o tempo de produção passou de aproximadamente 40 meses para 20 meses.

Mahapatra et al. (2007) observaram um ganho genético médio de 17% por geração após cinco gerações de *Carpa rohu* (*Labeo rohita*), resultado semelhante ao encontrado neste estudo no cenário de alta herdabilidade, sendo que a herdabilidade para a característica peso a despesca para *L. rohita* foi de 0,23, uma herdabilidade considerada de moderada magnitude. Em estudo com *C. carpio*, Ninh et al. (2013) encontraram resposta à seleção para peso e comprimento corporal variando de 15 a 21% e 4 a 7% em duas gerações, respectivamente, observa-se que o maior ganho genético ocorre com a característica peso corporal.

Marcos et al. (2016) avaliaram o ganho de peso e comprimento morfométrico do Tambaqui melhorado geneticamente no decorrer de 254 dias, com biometria mensal, totalizando 2.849 informações e, concluíram que na primeira geração de seleção houve um ganho de peso superior a 14,8% em comparação ao grupo aonde os animais não passaram por seleção.

Nas Figuras 2 e 3, referentes aos cenários de alta e baixa herdabilidade, respectivamente, foram apresentadas as curvas de distribuição normal dos valores genéticos estimados ao longo das gerações, a partir das variâncias genéticas aditivas. Observa-se que em ambos os cenários as variâncias genéticas aumentaram no decorrer das gerações, sendo mais altas na quinta geração (7,577 e 0,125, no cenário I e II, respectivamente).

A população de *C. macropomum* no decorrer das cinco gerações simuladas tornou-se mais heterogênea, devido ao efeito de escala que ocorre com o aumento da população de 20 indivíduos na população base para 500.000 animais na geração cinco (G5). Houve resposta de aumento das médias nos dois cenários. Entretanto, foi possível também observar que também ocorreu um aumento na variância genética associada ao processo de seleção. Neste mesmo sentido, resultados semelhantes foram relatados por Holtmark, Sonesson, Gjerde & Klemetsdal (2006)

que apontaram como possível causa o efeito da heterogeneidade de variância que causaria maior impacto sobre a avaliação do ganho genético nos animais sob seleção. No cenário com herdabilidade baixa (Figura 3) o aumento da variância genética foi de menor magnitude em relação ao cenário de alta herdabilidade (Figura 2) resultando em variâncias 7 vezes menores em relação ao cenário onde a herdabilidade é maior, destacando-se as diferenças de escala em relação às unidades desvio-padrão, este resultado evidencia que a herdabilidade mais alta é essencial para melhor discriminar as diferenças na população a ser selecionada.

FIGURA 2 – VARIÂNCIAS GENÉTICAS DA POPULAÇÃO NO DECORRER DAS GERAÇÕES SIMULADAS NO CENÁRIO COM ALTA HERDABILIDADE PARA A CARACTERÍSTICA PESO CORPORAL.

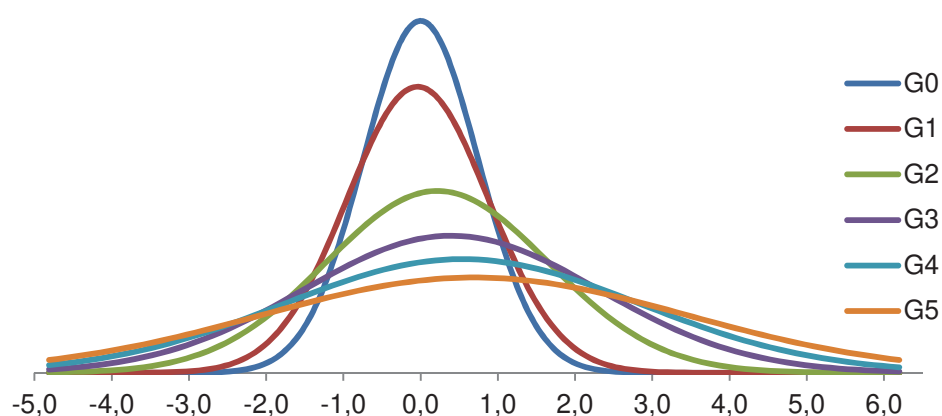
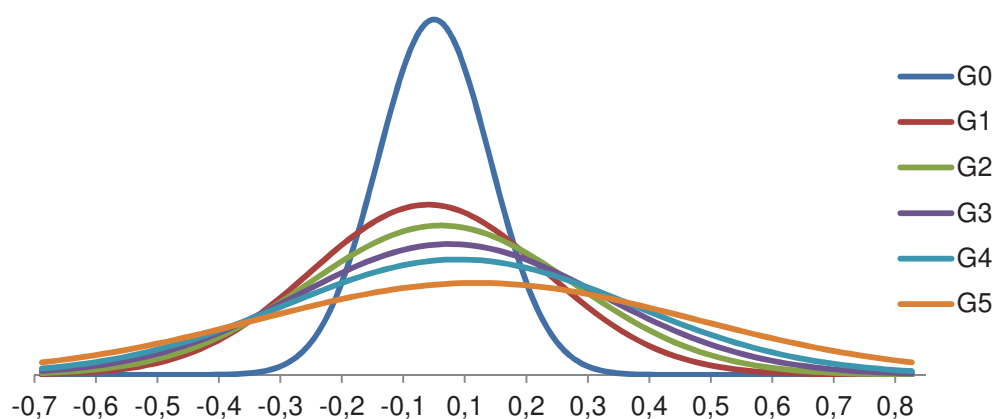


FIGURA 3 – VARIÂNCIAS GENÉTICAS DA POPULAÇÃO NO DECORRER DAS GERAÇÕES SIMULADAS NO CENÁRIO COM BAIXA HERDABILIDADE PARA A CARACTERÍSTICA PESO CORPORAL.



2.4. Conclusões

Ao realizar a escolha de reprodutores para a espécie *C. macropomum* com base no fenótipo existe um risco muito alto de obter-se ganho genético praticamente nulo mesmo após 15 anos de seleção se a herdabilidade da característica de interesse for baixa. Por outro lado, se a característica a ser utilizada como critério de seleção tiver herdabilidade alta, as variâncias genéticas entre os animais da população tendem a ser maiores o que poderia acarretar em maior heterogeneidade se a seleção não for efetiva, fato extremamente indesejável nas criações comerciais.

2.5. Referências Bibliográficas

BAKOS, J., VARADI, L., GORDA, S. & JENEY, Z. (2006). Lessons from the breeding program on common carp in Hungary. In R. W. Ponzoni, B. O. Acosta & A. G. Ponniah. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, 27-33.

CARVALHEIRO, R., MUNIZ, J. A., VEIGA, R. D. & JUDICE, M. G. (2001). Simulação de plantéis de poedeiras comerciais através do SAS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 25, 4, 1012-1016. ISSN 1981-1829.

EKNATH, A. E., DEY, M. M., RYE, M., GJERDE, B., ABELLA, T. A., SEVILLEJA, R., TAYAMEN, M. M., REYES, R. A. & BENTSEN, H. B. (1998). *Selective breeding of Nile tilapia for Asia*. In World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 6, 27, 89–96.

FALCONER, D. S. & MACKAY, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4 ed.). Harlow, UK: Pearson Education.

GJERDE, B. & KORSVOLL, S.A. (1999). *Realized selection differentials for growth rate and early sexual maturity in Atlantic salmon*. In Abstracts, Aquaculture Europe 99. European Aquaculture Society, Special publication 27, Trondheim, Norway. 73-74.

GJEDREM, T. (2000). Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research**, 30, 25-33. doi: 10.1046/j.1365-2109.2000.00389.x

GJEDREM, T. & THODESEN, J. (2005). *Selection*. In T. Gjedrem, Selection and breeding programs in aquaculture (pp. 89-111). Dordrecht: Springer.

GJEDREM, T. (2012). Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. **Aquaculture**, 344-349, 12-22. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.003

GOMES, L. DE C., SIMÕES, L. N. & ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. (2013). *Tambaqui (Colossoma macropomum)*. In B. Baldisserotto & L. de C. Gomes (org.), Espécies nativas para piscicultura no Brasil (pp. 175-204). Santa Maria: Ed. da UFSM.

GUERREIRO, L. R. J., DIAS, J. A. D., FORNARI, D. C., RIBEIRO, R. P. & ZANONI, M. A. (2011). Incubação de ovos e larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus* holmberg, 1887) em incubadoras do tipo israelense e woynarovich. *Semina: Ciências Agrárias*, 32, 2, 781-794. doi: 10.5433/1679-0359.2011v32n2p789

HILSDORF, A. W. S., MOREIRA, H. L. M. & FREITAS, R. T. F. (2015). Desafios do melhoramento genético de organismos aquáticos. **Panorama da Aquicultura**, 25, 147, 36-43. ISSN: 1519-1141

HOLTSMARK, M., SONESSON, A. K., GJERDE, B. & KLEMETSDAL, G. (2006). Number of contributing subpopulations and mating design in the base population when establishing a selective breeding program for fish. **Aquaculture**, 258, 241-249. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.039

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). **Produção da Pecuária Municipal 2017**, Rio de Janeiro, 45, 1-8.

LEITE, L. V., MELO, M. A. P., OLIVEIRA, F. C. E., PINHEIRO, J. P. S., CAMPELLO, C. C., NUNES, J. F. & SALMITO-VANDERLEY, C. S. B. (2013). Determinação da dose inseminante e embriogênese na fertilização artificial de Tambaqui (*Colossoma*

macropomum). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 65, 2, 421-429. doi: 10.1590/S0102-09352013000200018

MAHAPATRA, K., SAHA, J. N., SARANGI, N., JANA, R. K., GJERDE, B., NGUYEN, N. H., KHAW, H. L. & PONZONI, R. W. (2007). *Genetic improvement and dissemination of rohu (Labeo rohita, Ham.) in India*. In Genetic Improvement: Making it Happen (Proceedings of the Seventeenth Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics). Armidale, New South Wales, Australia, 37–40.

MARCOS, R.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; OLIVEIRA, C. A. L.; RIBEIRO, R. P.; LOPERA-BARRERO, N. M.; CORRÊA FILHO, R. A. C.; ABREU, J. S.; MURARI, P. J. F. (2016). Weight gain and morphometric growth of genetically improved Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciência Agrárias**, Londrina, v.37, n.4, suplemento 1, p.2521-2528.

MELLO, F., OLIVEIRA, C.A.L., STREIT JR, D., RESENDE, E. K., OLIVEIRA, S. N., FORNARI, D. C., BARRETO, R. V., POVH, J. A. & RIBEIRO, R. P. (2016). Estimation of genetic parameters for body weight and morphometric traits to Tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of FisheriesSciences.com**, 10, 2, 96-100. ISSN 1307-234X

NGUYEN, N. H. (2015). Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. **Fish and Fisheries**, 17, 2, 483-506. doi: 10.1111/faf.12122

NINH, N. H., PONZONI, R. W., NGUYEN, N. H., WOOLLIAMS, J. A., TAGGART, J. B., MCANDREW, B. J. & PENMAN, D. J. (2013). A comparison of communal and separate rearing of families in selective breeding of common carp (*Cyprinus carpio*): Responses to selection. **Aquaculture**, 408-409, 152-159. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.06.005

PONZONI, R. W., HAMZAH, A., TAN, S. & KAMARUZZAMAN, N. (2005). Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia

(*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, 247, 203-210. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.02.020

RESENDE, E. K. (2009). Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. Aquabrazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 52-57. doi: 10.1590/S1516-35982009001300006

SANTOS, S. S. DOS, LOPES, J. P., SANTOS-NETO, M. A. & SANTOS, L. S. (2007). Larvicultura do Tambaqui em diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, 2, 3, 18-25. doi: 10.18817/repesca.v2i3.48

SARGOLZAEI, M. & SCHENKEL, F. S. (2009). QMSim: a large-scale genome simulator for livestock. **Bioinformatics**, 25, 680-681. doi: 10.1093/bioinformatics/btp045

THODESEN, J., GRISDALE-HELLAND, B., HELLAND, S. J. & GJERDE, B. (1999). Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, 180, 237-246. doi: 10.1016/S0044-8486(99)00204-5

THODESEN, J. & GJEDREM, T. (2006). *Breeding programs on Atlantic salmon in Norway – Lessons learned*. In R. W. Ponzoni, B. O. Acosta & A. G. Ponniah, Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs. Malaysia. Worldfish Center, 22-26.

VARELA, E. S., ALVES, A. L., BARROSO, A. S. & TARDIVO, T. F. (2015). *Parentesco genético em reprodutores de Tambaqui (Colossoma macropomum) baseado em marcadores de DNA: perspectivas de manejo genético na ausência de pedigree*. Palmas: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Embrapa Pesca e Aquicultura. 28p. ISSN 2358-6273

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie nativa, sendo a segunda mais cultivada no Brasil, apesar desta produção significativa, não há informações suficientes de dados biométricos para que haja a realização de avaliações zootécnicas por parte das instituições de pesquisa. É importante que o quanto antes seja organizado um banco de dados com as informações de genealogia e as mensurações de desenvolvimento ponderal a fim de identificar as diferenças genéticas economicamente importantes para um programa de melhoramento genético para a espécie.

O objetivo inicial dos programas de melhoramento genético com espécies aquáticas deveria ser a seleção das características de crescimento, como por exemplo, aumento do peso corporal, ganho de peso, largura, comprimento, entre outras, através da estimação dos parâmetros genéticos, principalmente da herdabilidade e correlação genética.

Entretanto, considerando-se que a coleta de informações em peixes pode ser dificultada pelo número de animais que devem ser avaliados e pelo manuseio dos mesmos, o uso alternativo da simulação de dados, permite elaborar cenários que visem elucidar a melhor forma de realizar a escolha de reprodutores evitando-se critérios de seleção que se mostrem indevidos a longo prazo.

4. REFERÊNCIAS

A Arte da Pesca. Disponível em: <<http://pescariamadora.blogspot.com.br>>. Acesso em: 02 novembro 2018.

ALVES, L.A.; VARELA, E.S.; MORO, G.V.; KIRSCHNIK, L.N.G. *Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos*. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 60p.

BAKOS, J.; VARADI, L.; GORDA, S.; JENEY, Z. Lessons from the breeding program on common carp in Hungary. In: PONZONI, R. W.; ACOSTA, B. O.; PONNIAH, A. G. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, p.27-33, 2006.

BOLIVAR, R.B. & NEWKIRK, G.F. Response to within family selection for body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using a single-trait animal model. **Aquaculture**, v.204, p.371-381, 2002.

BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.M.A.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.145-154, 2011.

BOURDON, R. M. *Understanding Animal Breeding*. 2. ed. Editora Pearson Education Limited. 2014.

CARVALHEIRO, R.; MUNIZ, J. A.; VEIGA, R. D.; JUDICE, M. G. Simulação de plantéis de poedeiras comerciais através do SAS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.1012-1016, 2001.

CARVALHO FILHO, J. A produção aquícola de 2017. **Revista Panorama da Aquicultura**, n.168, 2018. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/a-producao-aquicola-de-2017/>>. Acesso em: 19 de novembro de 2018.

CHAGAS, E.C. & VAL, A.L. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de Tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.3, p.397-40,. 2003.

CHARO-KARISA, H.; REZK, M.A.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. **Aquaculture**, v.249, p.115-123, 2005.

COPERAMA - Cooperativa dos Produtores Rurais do Pontal do Triângulo Mineiro. Disponível em: < <http://www.coperama.com.br/>>. Acesso em: 13 dezembro 2018.

DAIRIKI, J.K. & SILVA, T.B.A. *Revisão da literatura: Exigências nutricionais do Tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p.

DONG, A.; NGUYEN, N.H.; ZHU, W. Genetic evaluation of a selective breeding program for common carp *Cyprinus carpio* conducted from 2004 to 2014. **BMC Genetics**, v.16, p.1-9, 2015.

EKNATH, A.E.; DEY, M.M.; RYE, M.; GJERDE, B.; ABELLA, T.A.; SEVILLEJA, R.; TAYAMEN, M.M.; REYES, R.A.; BENTSEN, H.B. *Selective breeding of Nile tilapia for Asia*. In: World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 6., v.27, p.89–96, 1998.

EKNATH A.E.; BENTSEN, H.B.; PONZONI, R.W.; RYE, M.; NGUYEN, N.H.; THODESEN, J.; GJERDE, B. Genetic improvement of farmed tilapias: composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. **Aquaculture**, v.273, p.1-14, 2007.

FALCONER, D. S. & MACKAY, T. F. C. *Introduction to quantitative genetics* (4 ed.). Harlow, UK: Pearson Education. 1996.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: < <http://www.fao.org/fishery/>>. Acesso em: 19 novembro 2018.

GALL, G.A.E. & BAKAR, Y. Application of mixed-model techniques to fish breed improvement: analysis of breeding-value selection to increase 98-day body weight in tilapia. **Aquaculture**, v.212, p.93-113, 2002.

GJERDE, B. & SCHAEFFER, L.R. Body traits in rainbow trout. II. Estimates of heritabilities and of phenotypic and genetic correlations. **Aquaculture**, v.80, p.25-44, 1989.

GJERDE, B. & KORSVOLL, S.A. *Realized selection differentials for growth rate and early sexual maturity in Atlantic salmon*. In Abstracts, Aquaculture Europe 99. European Aquaculture Society, Special publication 27, Trondheim, Norway. 73-74, 1999.

GJERDE, B.; MAHAPATRA, K.D.; REDDY, P.V.G.K. et al. *Genetic parameters for growth of rohu carp (Labeo Rohita)*. Final Report on the Indo Norwegian Collaborative Projects, p.56. 2003.

GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research**, 30, 25-33, 2000.

GJEDREM, T. & THODESEN, J. Selection. In: GJEDREM, T., editor. **Selection and breeding programs in aquaculture**. Dordrecht: Springer; 2005. p.89–111.

GJEDREM, T. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. **Aquaculture**, v.344-349, p.12-22, 2012.

GOMES, L. DE C.; SIMÕES, L.N. & ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. *Tambaqui (Colossoma macropomum)*. In B. Baldisserotto & L. de C. Gomes (org.), *Espécies nativas para piscicultura no Brasil* (pp. 175-204). Santa Maria: Ed. da UFSM. 2013.

GUERREIRO, L.R.J., DIAS, J.A.D., FORNARI, D.C., RIBEIRO, R.P. & ZANONI, M.A. Incubação de ovos e larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus* holmberg, 1887) em incubadoras do tipo israelense e woynarovich. Semina: **Ciências Agrárias**, 32, 2, 781-794, 2011.

GOULDING, M. & CARVALHO, M.L. Life history and management of the Tambaqui (*Colossoma macropomum*, *Characidae*): an important Amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, n.2, p.107-133, 1982.

GUNNES, K. & GJEDREM, T. A genetic analysis of body weight and length in rainbow trout reared in seawater for 18 months. **Aquaculture**, v.24, p.161-174, 1981.

GUPTA, M.V. & ACOSTA, B.O. From drawing board to dining table: The success story of the GIFT project. **NAGA, WorldFish Center Quarterly**, v.27, n.3-4, p.4-14, 2004.

HERSHBERGER, W.K.; MYERS, J.M.; IWAMOTO, R.N.; MCAULEY, W.C.; SAXTON, A.M. Genetic changes in the growth of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Marine Net-Pens, produced by ten years of selection. **Aquaculture**, v.85, p.187-197, 1990.

HILSDORF, A.W.S.; MOREIRA, H.L.M.; FREITAS, R.T.F. Desmitificando a genética. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.23, n.137, p.24-27, mai/jun 2013.

HILSDORF, A.W.S.; MOREIRA, H.L.M.; FREITAS, R.T.F. Desafios do melhoramento genético de organismos aquáticos. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.25, n.147, p.36-43, jan/fev 2015.

HOLTSMARK, M., SONESSON, A.K., GJERDE, B. & KLEMETSDAL, G. (2006). Number of contributing subpopulations and mating design in the base population when establishing a selective breeding program for fish. **Aquaculture**, 258, 241-249, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2016**, Rio de Janeiro, v.44, p.1-51, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2017**, Rio de Janeiro, v.45, p.1-8, 2017.

JARIMOPAS, P. *Realized response of thai red tilapia to weight – specific selection for growth (3rd – 5th generations)*. Technical paper submitted to the international development research. Centre, on fish genetics (Thailand) project (phase 2). National Inland Fisheries Institute. Department of Fisheries Bangkok, Thailand. 1988.

KAUSE, A.; RITOLA, O.; PAANANEN, T.; MÄNTYSAARI, E.; ESKELINEN, U. Selection against early maturity in large rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: the quantitative genetics of sexual dimorphism and genotype-by-environment interactions. **Aquaculture**, v.228, p.53-68, 2003.

LEITE, L.V., MELO, M.A.P., OLIVEIRA, F.C.E., PINHEIRO, J.P.S., CAMPELLO, C.C., NUNES, J.F. & SALMITO-VANDERLEY, C.S.B. Determinação da dose inseminante e embriogênese na fertilização artificial de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 65, 2, 421-429, 2013.

LUPCHINSKI JÚNIOR, E.; VARGAS, L.; POVH, J.A.; RIBEIRO, R.P.; MANGOLIN, C.A.; BARRERO, M.L. Avaliação da variabilidade das gerações G0 e F1 da linhagem GIFT de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por RAPD. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30, n.2, p.233-240, 2008.

MAHAPATRA, K., SAHA, J.N., SARANGI, N., JANA, R.K., GJERDE, B., NGUYEN, N.H., KHAW, H.L. & PONZONI, R.W. *Genetic improvement and dissemination of rohu (Labeo rohita, Ham.) in India*. In Genetic Improvement: Making it Happen (Proceedings of the Seventeenth Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics). Armidale, New South Wales, Australia, 37–40, 2007.

MARCOS, R.; POVH, J.A.; FORNARI, D.C.; OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; LOPERA-BARRERO, N.M.; CORRÊA FILHO, R.A.C.; ABREU, J.S.; MURARI, P.J.F. Weight gain and morphometric growth of genetically improved Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciência Agrárias**, Londrina, v.37, n.4, suplemento 1, p.2521-2528, 2016.

MASSAGO, H. *Desempenho de alevinos de quatro linhagens da tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) e análise da variabilidade genética pelos marcadores RAPD*. 2007. 40 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, São Paulo.

MELLO, F., OLIVEIRA, C. A. L., RIBEIRO, R. P., RESENDE, E. K., POVH, J. A., FORNARI, D. C., BARRETO, R. V., MCMANUS, C., STREIT JUNIOR, D. Growth curve by Gompertz nonlinear regression model in female and males in Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 87, 4, 2309-2315, 2015.

MELLO, F., OLIVEIRA, C.A.L., STREIT JR, D., RESENDE, E.K., OLIVEIRA, S.N., FORNARI, D.C., BARRETO, R.V., POVH, J.A. & RIBEIRO, R.P. Estimation of genetic parameters for body weight and morphometric traits to Tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of FisheriesSciences.com**, v.10, n.2, p.96-100, 2016.

MENDONÇA. P.P.; FERREIRA, R.A.; VIDAL JUNIOR, M.V.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, M.V.B.; FERREIRA, A.V.; REZENDE, F.P. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.223, p.323-331, 2009.

MISZTAL, I., TSURUTA, S., LOURENÇO, D., AGUILAR, I., LEGARRA, A., VITEZICA, Z. *Manual for BLUPF90 Family of Programs*. (University of Georgia: Athens, GA). 2014.

MORO, G.V.; REZENDE, F.P.; ALVES, A.L.; HASHIMOTO, D.T.; VARELA, E.S.; TORATI, L.S. Espécies de peixe para piscicultura. In: RODRIGUES, A.P.O.; LIMA, A.F.; ALVES, A.L.; LUIZ, D.B.; HASHIMOTO, D.T.; VARELA, E.S.; REZENDE, F.P.; MATOS, F.T.; BERGAMIN, G.T.; MORO, G.V.; LIMA, L.K.F.; LUNDSTEDT, L.M.; TORATI, L.S.; KIRSCHNIK, L.N.G.; IWASHITA, M.K.P.; CHICRALA, P.C.M.S.; MACIEL, P.O. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. 1ª Edição. Brasília, DF: Ed. Embrapa, 2013. p.29-70.

NGUYEN, N.H. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. **Fish and Fisheries**, 17, 2, 483-506, 2015.

NINH, N.H., PONZONI, R.W., NGUYEN, N.H., WOOLLIAMS, J.A., TAGGART, J.B., MCANDREW, B.J. & PENMAN, D.J. A comparison of communal and separate rearing of families in selective breeding of common carp (*Cyprinus carpio*): Responses to selection. **Aquaculture**, 408-409, 152-159, 2013.

OLIVEIRA, C.A.L.; RESENDE, K.E.; LEGAT, A.P.; RIBEIRO, R.P. *Melhoramento genético de peixes no Brasil: Situação atual e perspectivas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 20., 2010. Palmas – TO. *Resumos...* Palmas: XX Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2010. p.237-249.

OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; STREIT JUNIOR, D.P.; POVH, J.A.; RESENDE, E.K. Melhoramento genético de peixes. Uma realidade para a piscicultura brasileira. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.22, n.139, p.38-47, 2012.

OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, C.A.L.; FORNARI, D.C.; STREIT JUNIOR, D.; RIZZATO, G.S.; RIBEIRO, R.P. *Estimativas de parâmetros genéticos para velocidade de crescimento em Tambaqui (Colossoma macropomum)*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, SBMA, X, 2013, Uberaba, MG.

OLIVEIRA, S.N.; OLIVEIRA, C.A.L.; ALEXANDRE FILHO, L.; RESENDE, E.K.; BARRERO, N.M.L.; KUNITA, N.M.; SANTANDER, V.F.A.; RIBEIRO, R.P. Genetic parameters and morphometric characteristics of two generations from the GIFT strain of the Nile tilapia. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3457-3468, 2014.

PAULA, F.G. *Desempenho do Tambaqui (Colossoma macropomum), da pirapitinga (Piaractus brachypomum) e do híbrido tambatinga (C. macropomum x P. brachypomum) mantidos em viveiros fertilizados na fase de engorda*. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Goiânia. 2009.

PeixeBR – Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2018**. Disponível em: <<http://www.peixebr.com.br>>. Acesso em: 19 novembro 2018.

PONZONI, R.W., HAMZAH, A., TAN, S. & KAMARUZZAMAN, N. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, 247, 203-210, 2005.

PONZONI, R.W.; KHAW, H.L.; YEE, H.Y. *GIFT: the story since leaving ICLARM (now known as the WorldFish Center) – socioeconomic, access and benefit sharing and Dissemination aspects*. Malaysia. WorldFish Center, 2010. 47p.

RESENDE, E.K. Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. Aquabrasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.52-57, 2009.

RESENDE, E.K.; OLIVEIRA, C.A.L.; LEGAT, A.P.; RIBEIRO, R.P. *Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, SBMA, 8., 2010, Maringá, PR.

REVISTA GLOBO RURAL. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com>>. Acesso em: 02 novembro 2018.

ROCHA, M.A. *Estimativas de herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais de características avaliadas no curimatã (Prochilodus lineatus), em idades entre 60 a 330 dias*. 1995. 171 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 1995.

ROCHA, C.M.C.; RESENDE, E.K.; ROUTLEDGE, E.A.B.; LUNDSTEDT, L.M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, p.4-6, 2013.

RUTTEN, M.J.M.; KOMEN, H.; BOVENHUIS, H. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. **Aquaculture**, v.246, p. 101-113, 2005.

RYE, M. & GJERDE, B. Phenotypic and genetic parameters of body composition traits and flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Aquaculture Research**, v.27, p.121-133, 1996.

SANTOS, V.B. A disponibilidade de diferentes linhagens de Tilápias. **Pesquisa & Tecnologia**, v.3, n.1, 2006.

SANTOS, M.C.F.; RUFFINO, M.L.; FARIAS, I.P. High levels of genetic variability and panmixia of the Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) in the main channel of the Amazon river. **Journal of Fish Biology**, v.71, p.33-44, 2007.

SANTOS, A.I. *Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos em tilápias*. 2009. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SARGOLZAEI, M. & SCHENKEL, F.S. QMSim: a large-scale genome simulator for livestock. *Bioinformatics*, 25, 680-681, 2009.

SAS Institute Inc. (2013). Base SAS® 9.4 *Procedures Guide: Statistical Procedures*, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SENHORINI, J.A.; FIGUEIREDO, G.M.; FONTES, N.A.; CAROLSFELD, J. Larvicultura e alevinagem do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) e seus respectivos híbridos. **Boletim Técnico do CEPTA**, 1988. 12p.

SILVA-ACUÑA, A. & GUEVARA, M. Evaluation of two commercial diets on growth of the hybrid *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. **Zootecnia Tropical**, v.20, n.4, p.449–459, 2002.

THODESEN, J., GRISDALE-HELLAND, B., HELLAND, S.J. & GJERDE, B. Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, 180, 237-246, 1999.

THODESEN, J. & GJEDREM, T. Breeding programs on Atlantic salmon in Norway – Lessons learned. In: PONZONI, R.W.; ACOSTA, B.O.; PONNIAH, A.G. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, p.22-26, 2006.

TURRA, E.M.; OLIVEIRA, D.A.A.; VALENTE, B.D.; TEIXEIRA, E.A.; PRADO, S.A.; MELO, D.C.; FERNANDES, A.F.A.; ALVARENGA, E.R.; SILVA, M.A. Estimation of genetic parameters for body weights of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* using random regression models. **Aquaculture**, v.354-355, p.31-37, 2012.

UNIVERSO DA PESCA. Disponível em: <<http://universodapesca.comunidades.net>>. Acesso em: 02 novembro 2018.

VARELA, E.S.; ALVES, A.L.; BARROSO, A.S.; TARDIVO, T.F. *Parentesco genético em reprodutores de Tambaqui (Colossoma macropomum) baseado em marcadores de DNA: perspectivas de manejo genético na ausência de pedigree*. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015. 28p.

VIEIRA E. F., ISAAC V. J., FABRÉ N. N. (1999). Biologia reprodutiva de Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Teleostei, Serrasalminidae), no baixo Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, 29, 4, 625-638.

WINKELMAN, A.M. & PETERSON, R.G. Genetic parameters (heritabilities, dominance ratios and genetic correlations) for body weight and length of chinook salmon after 9 and 22 months of saltwater rearing. **Aquaculture**, v.125, p.31-36, 1994.